

Министерство образования Российской Федерации
Уральский государственный университет
им. А. М. Горького

С. В. Комов

ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ

Десять общедоступных лекций

Издание 2-е,
исправленное и дополненное

«УралЭкоЦентр»
Екатеринбург
2001

ББК 28.081я73-1
УДК (075) + 504 (075.8)
К 636

Печатается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного университета им. А. М. Горького

Комов С. В. Введение в экологию: Десять общедоступных лекций. Учебное пособие. Екатеринбург: УрГУ, 2001. 224 с.

Экология рассматривается как наука, закладывающая основы натуралистической картины мира. Основопологающим является понятие экологической системы. В рамках данного понятия обсуждаются энергетические и вещественные взаимоотношения как в природе, так и между человеком и окружающим миром. Адресовано студентам, изучающим курс экологии, а также всем интересующимся идеями экологии.

Рецензенты: кафедра экологии и экологического образования Уральского государственного педагогического университета; доктор биологических наук, профессор В. С. Безель

Научный редактор — академик РАН В. Н. Большаков

ISBN 5—89649—036—4

© С.В. Комов, 1999
© С.В. Комов, 2001
© «УралЭкоЦентр», 2001

ОТ РЕДАКТОРА

Среди обширной учебной литературы по экологии цикл лекций профессора Уральского государственного университета Комова С.В. занимает особое место. Более чем 30-летний опыт преподавания экологии на разных факультетах университета, пропаганда экологических знаний среди различных слоев общества позволили ему в достаточно сжатой и доступной форме отразить основные концептуальные установки современной теоретической экологии.

Лекции написаны в рамках экосистемной парадигмы, что позволило автору не «утонуть» в огромном объеме частного знания по различным аспектам взаимодействия живых организмов со своим окружением и, что особенно важно, избежать часто встречающейся в учебной литературе подмены экологии проблемами природопользования, показав в то же время их тесную взаимосвязь.

Лекции несомненно будут полезны студентам любых специальностей, изучающих экологию. С полным правом их можно рекомендовать специалистам-практикам, а также всем, кто хочет ознакомиться с научными основами современной экологии.

Данный цикл лекций является первым из трех задуманных автором: «Введение в экологию», «Введение в природопользование», «Ноосферная парадигма». Мои пожелания С.В.Комову — быстрее завершить весь цикл, так как потребность в осмыслении концептуальных установок процесса экологизации жизни современного общества исключительно велика.

*В. Н. Большаков,
академик РАН,
доктор биологических наук,
профессор*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Экология — дитя биологии. Она родилась и начала формироваться в структуре биологического знания как результат исследования отношений живых организмов со своим окружением. Так появились экология растений, экология животных, экология микроорганизмов, получившие в настоящее время название классической экологии. Мирное ее развитие нарушилось в XX в., когда человек столкнулся с глобальными негативными явлениями своей собственной деятельности. Попытка решить возникшие проблемы традиционным путем, т.е. простым перераспределением материальных и финансовых ресурсов, не привела к желаемому результату. К концу 60-х гг. человечество осознало, что столкнулось с проблемами, решение которых требует переоценки мировоззренческих положений. Суть заключается в необходимости превратить философское положение «жизнь есть свойство материи» в систему деятельностного знания. На этом пути экология оказалась той самой наукой, которая тихо и мирно занималась именно этими проблемами, решая их для частных случаев отдельных видов растений, животных, микроорганизмов. Включение человека, с его весьма опосредованными и разветвленными связями с окружающим миром, в сферу интересов экологии потребовало от нее начать выделение и осмысление собственных основных понятий, принципов, закономерностей, правил. Уже на первых этапах этого процесса выяснилось, что экология широко использует понятийный аппарат других отраслей знания, приспособлявая его для своих нужд, и фактически еще не сформировала собственной, только ей принадлежащей понятийной области. Попытка Н.Ф.Реймерса очертить круг понятий, законов, теорий экологии красноречиво об этом свидетельствует¹.

Среди биологов достаточно широко распространено мнение о двух парадигмах экологии: популяционной и экосистемной. Основание для этого — крупнейшее обобщение в биологии XX в., что элементарной единицей существования, адаптации и эволюции вида является популяция, а следовательно,

¹ См.: *Реймерс Н.Ф.* Экология. Теории, гипотезы, законы. М., 1994.

рассмотрение взаимоотношений популяции со своим окружением лежит в основе решения любых экологических проблем.

Экосистемная парадигма не ставит никаких ограничений на форму представления живой компоненты в системе. Она требует лишь пространственно-временного соответствия характеристик, выбранных для описания взаимодействия живого со своим окружением. В рамках этой парадигмы представление живого в виде популяции есть один из возможных вариантов, позволяющий решать определенный круг экологических проблем.

Лекции написаны в экосистемной парадигме, хотя наибольшее внимание пришлось уделить вопросу определения характеристик живой компоненты экосистемы, т.к. они наиболее трудно выделяемы. За основу взяты три базовые характеристики живого вещества, предложенные В.И.Вернадским: масса, средний химический состав, запас свободной энергии, и прослежена их трансформация в другие показатели в зависимости от форм представления живой компоненты (биоценоз, популяция, организм).

Экология человека — стремительно формирующийся раздел экологии. Все огромное разнообразие так называемых новых, или неклассических, экологий связано только с этим видом. Не имеет смысла перечислять эти экологии, т.к. практически любой аспект взаимоотношений человека с окружающим миром может быть трансформирован в какую-нибудь экологию.

Сложность внутривидовой структуры (социальной и биологической) вида *Homo sapiens* не позволяет применять к нему чисто популяционный подход. После работ Л.Н.Гумилева¹ на роль элементарной единицы существования, адаптации и эволюции человека претендует такое внутривидовое структурное образование, как этнос, органически сочетающее в себе биологическую и социальную компоненту. Поэтому в лекциях уделено большое внимание именно этому аспекту, а не природопользовательскому, требующему другого цикла лекций.

Ноосферная парадигма как следствие выдвижения мысли на передний рубеж в осуществлении перерабатывающей

¹ См.: Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. М., 1994.

функции человека завершает данный цикл. Вопросов здесь больше, чем ответов на них. Главная трудность — отсутствие деятельностного определения разума. Без решения этого вопроса все рассуждения о теории ноосферы теряют смысл. Проблемам ноосферы планируется посвятить отдельный цикл лекций

Первое издание тиражом 500 экз., предпринятое автором за свой счет, разошлось за 2 месяца. К настоящему времени необходимость второго издания стала очевидной. Полученные замечания и предложения позволили уточнить некоторые положения и внести существенные коррективы в оформление лекций. Введены авторский и предметный указатели. По предложению преподавателей, не имеющих биологического образования, введен словарь терминов, разъяснение которых не дано в тексте и избежать употребления которых не удалось.

Автор особенно благодарен академику РАН, доктору биологических наук, профессору Большакову В.Н. за моральную и материальную поддержку на протяжении всего времени работы над рукописью, а также за любезное согласие стать научным редактором; доктору физико-математических наук, профессору Суетину П.Е. за указание на ряд неточностей в терминах и активное обсуждение рукописи; доктору технических наук, профессору Черняеву А.М. за активную поддержку идей, развиваемых в лекциях. Моя искренняя благодарность учителям образовательных учреждений, по настоянию которых и был оформлен в виде отдельного издания данный цикл лекций.

В связи с подготовкой следующих циклов, посвященных природопользованию и проблемам ноосферы, автор будет благодарен всем, кто выскажет замечания, предложения по данному циклу лекций, а также пожелания по планируемому циклам.

Автор

Лекция 1. ЭКОЛОГИЯ И РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Двадцатый век... еще бездомней,
Еще страшнее жизни мгла
(Еще чернее и огромней
Тень Люциферова крыла).

А. Блок

Краткая история понятия «экология» и его содержание. Понятие экологической катастрофы и экологического кризиса. Знания, необходимые для решения экологических проблем. Пути решения экологических проблем на глобальном, региональном и местном уровнях.

Конец XX в. ознаменовался осознанием цивилизованной частью человечества глобальных проблем, появление которых есть следствие деятельности самого человека. Во второй половине XX века слова *экология, экологическая катастрофа, экологический кризис* не исчезают со страниц газет, журналов, из выпусков радио- и теленовостей. Они звучат в устах обывателей и политических лидеров любых направлений. Чаше всего с этими понятиями связывают неразумную деятельность человека в отношении энергетических, минеральных, водных, лесных и других природных ресурсов, приводящую к изменению окружающего нас мира. Можно услышать и такие выражения, как «хорошая» или «плохая» экология, экология души, семьи, города и т.д.

Так что же такое «экология»? Что стоит за этим понятием: какая-то конкретная наука, способная дать ответ на все вопросы, или нечто такое, что, не являясь наукой, в то же время объединяет огромный круг проблем, задач, стоящих перед человечеством в настоящее время? Это крайние точки зрения, противопоставляемые друг другу и поэтому чаще всего отвергающие друг друга. Почему экология, а не физика, химия, биология, география или история привлекает внимание всего человечества?

Прежде чем дать ответ на эти и другие похожие вопросы, следует рассмотреть истоки экологии, освоить научный аппарат: факты, обобщения, правила, законы, гипотезы,

теории, концепции, которыми оперирует экология, и тогда можно судить о ее возможностях в решении проблем, стоящих перед современным человечеством.

Можно заняться перечислением и классификацией различных экологий, обсуждением их достоинств и недостатков. Такой путь малопродуктивен, т.к. невозможно классифицировать все оттенки взаимоотношений живых организмов со своим окружением. Автором выбран другой путь — обсуждение *концептуальных* установок экологии как науки.

Зародившись в недрах биологии, экология с самого начала вела достаточно обособленную жизнь, что интуитивно отмечалось биологами в форме разделения биологии и экологии в названиях научных трудов. Например, «Биология и экология зайца-беляка» и т.п. Включив в сферу своих интересов человека, чьи взаимоотношения с окружающим миром исключительно разнообразны за счет опосредования их через производственную, социальную и духовную сферы, поле применимости концептуальных установок экологии чрезвычайно расширилось. К классическим разделам: «экология растений», «экология животных», «экология микроорганизмов» прибавилась «экология человека», отдельные разделы которой, построенные на анализе частных аспектов связи этого вида со своим окружением, и порождают неисчислимое количество новых экологий. Природопользование в рамках концептуальных установок экологии выступает как одна из форм взаимодействия человека с окружающим миром, служащее, в конечном итоге, для удовлетворения одной из главных функций всего живого — питания.

Учение о биосфере В.И.Вернадского, сформулированное вне рамок внутренней логики развития экологии и выступающее как самое крупное общенаучное обобщение XX в. (т.к. требует изменения мировоззренческих установок), легко ассимилировалось экологией и стало ее главной концептуальной основой.

Логическим следствием развития теории биосферы является формирование в настоящее время ноосферной парадигмы. Представление разума как биотической компоненты экологической системы позволяет рассматривать процесс стратегического развития человеческого общества в едином ключе с общей функцией всего живого вещества

планеты, при использовании соответствующих характеристик. Философская, методологическая, теоретическая неразработанность проблемы характеристик разума затрудняет формирование теории ноосферы. Приходится идти эмпирическим путем, выдвигая такие лозунги, как «устойчивое развитие», «экологически чистое развитие», «развитие без разрушения» и т.п. Такой путь малоперспективен, т.к. основан на методе проб и ошибок. Непрерывное возрастание энерговооруженности человеческого общества резко увеличивает вещественную стоимость ошибки, а следовательно, и благополучия человеческого общества. Теоретическое осмысление ноосферной парадигмы связано с переоценкой мировоззренческих положений и в конечном итоге с пересмотром основных цивилизационных установок современного общества, что неизбежно приведет к сильной социальной напряженности. Поэтому чем глубже теоретическое осмысление идущих процессов, тем больше вероятность действительно разумных решений, снимающих социальную напряженность.

Краткая история понятия «экология» и его содержание

*...настоящим подтверждается:
экология — это то, чем занимаюсь я,
но не занимаешься ты...*

Варшава, 1965 г.

Слова, приведенные в эпиграфе, родились в Варшаве на рабочем совещании по вторичной продуктивности экосистем. Под ними подписались многие крупнейшие экологи того времени. Как отмечал участник совещания академик С.С.Шварц, «...это, конечно, шутка, но она содержит вполне серьезную тревогу о дальнейшем пути развития экологии: предмет и метод экологии должны быть определены более четко и строго, чем в настоящее время». Прошедшее время не уменьшило, а, скорее, усилило тревогу, т.к. появилась масса различных экологий, таких, например, как глобальная, промышленная, сельскохозяйственная, медицинская, социальная и т.д.

Каждая из них стремится определить свой предмет исследований и формирует собственный понятийный аппарат, чаще всего заимствованный из тех областей знания, название которых стоит перед словом «экология».

Для того чтобы понимать настоящее и предвидеть будущее, необходимо хорошо знать прошлое. Вот как об этом писал В.И.Вернадский: «История науки и ее прошлого должна критически составляться каждым научным поколением и не только потому, что меняются запасы наших знаний о прошлом, открываются новые документы или находятся новые приемы восстановления былого. Нет! Необходимо вновь научно перерабатывать историю науки, вновь исторически уходить в прошлое, потому что благодаря развитию современного знания в прошлом получает значение одно и теряет другое. Каждое поколение научных исследователей ищет и находит в истории науки отражение научных течений своего времени. Двигаясь вперед, наука не только создает новое, но неизбежно переоценивает старое, пережитое. Уже поэтому история науки не может являться безразличной для всякого исследователя. Натуралист и математик всегда должны знать прошлое своей науки, чтобы понимать ее настоящее. Только этим путем возможна правильная и полная оценка того, что добывается современной наукой, что выставляется ею как важное, истинное или нужное»¹.

Экология как наука формировалась в системе биологического знания. Э.Геккель в 1866 г. определил сферу этой области знаний как «...изучение всех сложных взаимоотношений, которые Ч.Дарвин называет условиями, порождающими борьбу за существование». Р.Штауфер (1910), внимательно изучивший работы Ч.Дарвина, в том числе и неопубликованные, пришел к выводу, что на его экологические воззрения большое влияние оказали работы Ч.Лайеля, который в свою очередь находился под влиянием диссертации К.Линнея «Экономика природы» (1749). Вывод Р.Штауфера сформулирован в следующих словах: «Итак, в очерках Линнея мы находим первичное, но исполненное смысла представление об экологии, изложенное в духе XVIII в. Хорошо известные темы,

¹ Вернадский В.И. Избранные труды по истории науки. М., 1981. С. 218.

изложенные в примитивной форме у К.Линнея, снова повторяются Лайелем, а затем преобразуются Дарвином для живых существ в его теории эволюции. Экономика природы представлена в виде циклов распространения, сохранения и разрушения. Равновесие популяций поддерживается природой посредством контроля над увеличением численности, обязательно включающего борьбу за существование. Наивная теология Линнея уступила место агностицизму Дарвина, но фактическое содержание и значение экологии как науки возросло»¹.

Исследование Р.Штауфера позволяет сделать вывод, что попытки осознать научное содержание экологии предпринимались и до Э.Геккеля. Оксер (1959) показал, что и сам термин «экология» применялся еще до Геккеля. Так, в письме Г.Д.Торо, адресованном 1 января 1858 г. своему родственнику и впервые опубликованном в 1958 г., сказано: «Мистер Гоар все еще в Конкорде, занимается ботаникой и экологией, намереваясь поселиться в наиболее для него подходящей части страны»². Сказанное не умаляет заслуг Э.Геккеля, так как благодаря ему понятие получило широкое распространение и, самое главное, впервые достаточно отчетливо был сформулирован предмет этой науки: *изучение взаимосвязей живых организмов с окружающим миром*.

После Э.Геккеля началось, хотя и достаточно медленное, внедрение экологии в научную практику. В самом конце XIX в. и в первые годы XX в. ботаники К.Шретер и О.Кирхнер (1896, 1902) вводят понятия аутэкологии и синэкологии. В 1913 г. в США опубликована первая сводка по экологии, содержащая многочисленные факты, обобщения, библиографию в 500 наименований. Автор ее, Ч.Эдамс, отмечал: «...может показаться, что биология и экология являются синонимами. Но в дальнейшем становится видно, что экология имеет дело с фундаментальной биологической проблемой — отношением организмов к их среде». Все дальнейшие попытки определить предмет экологии,

¹ Цит. по: Ушман Г. Определение Эрнстом Геккелем понятия «экология»// Очерки по истории экологии. М., 1970. С. 11.

² Там же. С. 19.



Эрнст Геккель
(1834–1919)



Чарльз Эдамс
(1837–1931)



Виктор Шелфорд
(1877–1968)



Даниил Николаевич Кашкаров
(1878–1941)

предпринятые исследователями разного ранга, так или иначе вращаются вокруг разных аспектов взаимосвязей живых организмов и окружающей их среды. Приведем лишь некоторые из них:

«Под экологией мы понимаем сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей средой как органической, так и неорганической, и прежде всего — его дружественных и враждебных отношений с теми животными и растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в контакт. Одним словом, экология — это изучение всех сложных взаимоотношений, которые Дарвин называет условиями, порождающими борьбу за существование».

Э.Геккель, 1866 г.

«Экология рассматривает не только отношения между организмами в сообществе, состоящем из разных видов, но также и отношения каждого вида к окружающей его среде как к целому и к каждому из условий, которые составляют среду».

В.Шелфорд, 1929 г.

«Основная задача экологии — изучение популяций и динамики их численности».

Ч.Элтон, 1930 г.

«...Содержанием экологии является изучение взаимоотношений организма (вида) со средой его обитания, изучение приспособлений и противоречий между особенностями вида и элементами этой среды, именуемыми факторами».

Д.Н.Кашкаров, 1938 г.

«Взаимодействие организмов со средой изучается каждой биологической наукой в своей области. Экология имеет дело лишь с той ее стороной, которая обуславливает развитие, размножение и выживание особей, структуру и динамику образуемых ими популяций отдельных видов и, наконец, структуру и динамику сообществ разных видов».

Н.П.Наумов, 1963 г.

«Предмет экологии — это совокупность или структура связей между организмами и их средой».

Ю.Одум, 1975 г.

«Экология — это наука, подводящая фундамент под естественную историю и вместе с тем пытающаяся ее объяснить».

М.Бигон, 1989 г.

Экология:

1. Часть биологии (биоэкология), изучающая отношения организмов (особей, популяций, биоценозов и т.п.) между собой и окружающей средой, включает экологию особей (аутэкология), популяций (популяционная экология, дем-экология) и сообществ (синэкология).

2. Дисциплина, изучающая общие законы функционирования экосистем различного иерархического уровня.

3. Комплексная наука, исследующая среду обитания живых существ (включая человека).

4. Область знаний, рассматривающих некую совокупность предметов и явлений с точки зрения субъекта и объекта (как правило, живого или с участием живого), принимаемого за центральный в этой совокупности (это может быть и промышленное предприятие).

5. Исследование положения человека как вида и общества в экосфере планеты, его связей с экологическими системами и меры воздействия на них.

Н.Ф.Реймерс, 1990 г.

Столь обширное перечисление определений лишь в небольшой степени отражает то разнообразие взглядов на экологию, которое существует после Э.Геккеля. В определениях последнего времени в область экологических исследований включают и человека, что и отразил Н.Ф.Реймерс в своей попытке систематизировать существующие подходы. Удивительно не само это разнообразие определений, а то, что в основе каждого из них лежит та или иная интерпретация мысли, сформулированной Э.Геккелем.

Неудовлетворенность геккелевским определением экологии связана с расширением ее поля деятельности, идущим в двух направлениях:

1. Включением в систему природных закономерностей человека как экологического фактора, отличающегося сильно выраженной комплексностью действия как на биоту, так и на косную материю. Антропогенное воздействие настолько своеобразно, что дает основу формирования целой серии наук, таких как созология, геогигиена, социальная экология и т.д., где дается своя трактовка понятия экологии.

2. Включением в экологию учения о биосфере как предельного представления Земли в виде экосистемы, что сразу же дает основания расширить экологию до науки о строении и функциях Природы в целом.

Оба направления в конечном итоге сливаются в сформулированном В.И.Вернадским представлении об эволюции биосферы в ноосферу, где антропогенный фактор является решающим. Важно то, что расширение поля деятельности экологии не меняет принципиально сути определения, данного Э.Геккелем. Поэтому, может, и не стоит больше изощряться в попытках уточнения того или иного аспекта экологии, а принять геккелевское определение, сформулировав его в более отчетливой форме:

Экология — наука, изучающая взаимоотношения живых организмов (включая человека) с окружающей их средой.

Из определения следует, что в экологии любые природные тела, процессы, явления всегда представлены в виде двух (как минимум) взаимодействующих частей: живого и его окружения. А.Тэнсли в 1935 г. предложил называть это единство экологической системой¹.

Можно считать, что с этого момента в экологии появилось основное понятие, по своему значению равное понятию вида в биологии, ландшафта в географии, атома в физике, молекулы в химии. Особенности этого понятия, следствия, вытекающие из представлений природных тел, процессов, явлений в виде экологической системы, имеют исключительное мировоззренческое значение и будут рассмотрены в лекции 2.

¹ См.: Tansley A. G. British ecology during the past quartercentury and the ecosystem // J. Ecol. V. 27, № 2.

Становление экологии как науки шло и под прямым влиянием чисто практических задач. Вот некоторые из них:

- проблема массовых размножений вредителей сельскохозяйственного производства и разработка методов борьбы с ними;

- проблема повышения производительности пушного промысла;

- проблема создания лесозащитных полос в степи;

- проблема инвентаризации ресурсов животного и растительного мира, почв.

Каждая такая проблема начинала разрабатываться в пределах своей науки: ботаники, зоологии, почвоведения, микробиологии, и на определенном этапе накопления знаний происходило оформление отдельной науки. Так появились лесоведение, луговедение, болотоведение, охотоведение и т.д. Все эти науки имеют ярко выраженный экологический аспект, т.к. в них доминируют сведения о взаимосвязях отдельных групп живых организмов с окружающей их средой. Практические задачи, связанные с резким изменением окружающей человека среды как результатом его производственной деятельности, оформились в виде проблем охраны природы и вследствие глобальности своих проявлений выдвинули экологию в разряд общественно значимых наук.

Представления о биосфере составляют значительный объем знаний современной экологии. Сформировалось это учение вне рамок экологии и является самым крупным научным достижением XX в. Выдающиеся открытия — расщепление атома, расшифровка генетического кода, освоение космического пространства и т.д. сделаны в рамках физической картины мира и не требуют смены мировоззренческих установок. Величие учения о биосфере в том, что она закладывает основу новой *универсальной* картины мира, возвращая в нее живое, как обязательный компонент мироздания. Становление учения о биосфере связано с именем выдающегося русского ученого — Владимира Ивановича Вернадского (1863—1945). Ему удалось интегрировать представления о:

- пространстве и времени в живой и неживой природе;
- веществе и энергии Космоса, Земли, микромира;
- структуре, функциях и свойствах живого вещества;
- роли человека и общества как геологической силы;

- научной мысли как планетном явлении;
- преобразовании биосферы в ноосферу.

Можно с полной уверенностью говорить, что человечество в учении о биосфере имеет естественно-научную основу сохранения и развития нашей планеты. Учению о биосфере посвящена отдельная лекция.

Понятие экологической катастрофы и экологического кризиса

«*Катастрофа*» по-гречески — переворот. Следуя этому значению, экологическую катастрофу следует понимать как переворот во взаимосвязях живых организмов и окружающей их среды. Причины такого явления могут быть различны.

В настоящее время существует два основных взгляда на экологическую катастрофу ¹:

1. Экологическая катастрофа — природное явление, фаза развития биосферы, во время которой происходит смена видов живых организмов. Одни вымирают, другие получают возможность захватить (заселить) освободившееся место.

2. Экологическая катастрофа — авария технических устройств: прорыв плотины, разлив нефти и т.п., приводящая к остронеприятным изменениям в среде и, как правило, к массовой гибели живых организмов и экономическому ущербу.

Нетрудно заметить, что эти два взгляда различаются только причиной, вызвавшей изменения в окружающей живые организмы среде. В первом случае считается, что это природные явления, а во втором — результат деятельности человека. Следствия оцениваются в обоих случаях по состоянию живых организмов. Следовательно, если искать разницу в этих взглядах, надо понять, чем отличаются природные «аварии» от аварий, связанных с деятельностью человека.

Поставим мысленный эксперимент. Допустим, что нам представилась возможность миллиард лет назад установить на Луне кинокамеру и что она каждый миллион лет фиксировала состояние поверхности Земли. В настоящее время

¹ См.: Реймерс Н.Ф. Природопользование. М., 1990.

космонавты доставили ее на Землю. На экранах своих телевизоров мы увидели бы фантастический фильм. Современные знания в области геологии, палеонтологии, географии, биологии позволяют в какой-то, видимо весьма приближенной, степени восстановить эту картину.

Формирование океанов и суши, движение материков, образование и изменение горных хребтов, появление и исчезновение рек, озер, морей, удивительный мир неизвестных нам растений и животных, стремительно захватывающих всю Землю и так же быстро исчезающих, непрерывное извержение вулканов, землетрясения, грозы, ураганы, пожары, появление и исчезновение ледниковых покровов — вот далеко не полный перечень того, что мы смогли бы наблюдать. Другими словами, мы увидели бы непрерывную череду сильнейших экологических катастроф.

Сократив в последний миллион лет интервал съемок, допустим до 10 тыс. лет, мы стали бы замечать появление новых проявлений экологических катастроф: распаханнные земли, перегороженные реки, уничтоженные леса, компактное повсеместное поселение одного вида, которого мы сами называли человеком. При этом общий фон глобальных геологических, географических процессов (катастроф) не изменился. Увеличив разрешающую способность в последнее тысячелетие до ста лет, мы смогли бы зафиксировать появление и исчезновение отдельных скоплений масс людей, их быстрое перераспределение по поверхности Земли. В дальнейшем уменьшении интервала нет надобности, т.к. это уже наше время, и сейчас воздействие человека меняет состояние окружающей его среды в промежуток времени менее ста лет. Например: «была гора Высокая, стала яма глубокая» (Нижний Тагил); была степь раздольная, стал пятисотметровый котлован (Коркинский угольный разрез); равнинная река Волга превращена в каскад мелководных водохранилищ и т.д.

Проведенный мысленный эксперимент помогает понять, что воздействия человека на окружающий мир принципиально не отличаются от тех процессов, которые совершаются в природе, только они, осуществляясь локально, но повсеместно, существенно усиливают скорость изменения окружающего живые организмы мира, тем самым ускоряя соответствующие процессы в самом живом мире. Глобальные

изменения (экологические катастрофы) необратимы. Поэтому можно сделать заключение, что *экологические катастрофы — это одно из состояний Природы, связанное с необратимыми изменениями в ней.*

Природные катастрофы происходят постоянно и в наше время. Почти каждый день средства массовой информации сообщают о землетрясениях, циклонах, тайфунах, извержениях вулканов, засухах, «небывалых» ливнях, эпидемиях и т.д. Все эти явления есть не что иное, как проявления непрекращающегося процесса активной жизни нашей планеты. Но уже сейчас можно с уверенностью сказать, что естественный фон экологических катастроф человек в XX в. усилил своей деятельностью. Достаточно вспомнить две мировые войны, Хиросиму и Нагасаки, атомные полигоны, сотни тысяч тонн радиоактивных захоронений в океанах, аварии в Челябинске и Чернобыле, Бхопале. Это только то, что уже проявилось. Главное в другом: в XX в. человечество создало мощную материально-техническую базу самоуничтожения. Она стоит на трех основных «китах»: атомное оружие и атомная энергетика; химическая промышленность (производство отравляющих веществ, ядохимикатов, бытовой химии); биотехнология (создание микроорганизмов с заданными свойствами).

В основе этого фундамента самоуничтожения лежат крупнейшие достижения научной мысли XX в.: расщепление атомного ядра, достижения в области химического катализа, расшифровка генетического кода.

Глубокий прорыв научной мысли в область незнаемого обернулся для человечества очень реальной возможностью самоуничтожения. Интересно, что время осознания опасности использования достижений науки сокращается. Для понимания опасности использования атомной энергии как в мирных, так и в военных целях потребовалось около 80 лет: от открытия Беккерелем явления радиоактивности до Чернобыльской трагедии. Опасность беспредельного увеличения химических соединений, отсутствующих в природе, осознана за 25–30 лет: от синтеза ДДТ (30-е гг.) до книги Р.Л.Карсон «Безмолвная весна» (50-е гг.). Расшифровка генетического кода и открывающиеся при этом возможности создания микроорганизмов с заданными свойствами осознаны сразу же, что позволило поставить под

контроль исследования в этом направлении, но не избавило человечество от перспективы прекратить свое существование от «неизвестных» эпидемий. В настоящее время вполне реально обсуждается создание «пси-оружия», отрицательные последствия применения которого осознаны уже на уровне идеи.

Любознательство человека безгранично, и он будет стремиться познать суть процессов, протекающих в окружающем мире и в нем самом. Глобальность отрицательных следствий возможного применения научного знания выдвигает на первый план вопрос о морально-этических нормах людей, ответственных за использование достижений научной мысли.

«Кризис» по-гречески означает «решение», «поворотный пункт», «исход». В широком смысле экологический кризис понимается как фаза развития биосферы, на которой происходит качественное обновление разнообразия живых организмов: вымирание одних видов и появление на арене жизни других. В этом плане понятия кризиса и катастрофы совпадают, т.к. смены флор и фаун довольно тесно коррелируют с крупными геологическими событиями. Достаточно вспомнить, что геохронология основных этапов истории Земли разработана на основе детального анализа изменений видового состава живых организмов.

В узком смысле **экологический кризис понимается как напряженное состояние взаимоотношений между человеком и природой**. В истории человечества такие состояния возникали неоднократно. Само появление прямоходящих антропоидов следует считать поворотным пунктом (кризисом) в истории Земли, т.к. их дальнейшая эволюция отмечена непрерывным усилением воздействия на окружающую среду и, как следствие этого, — исчезновением других видов растений и животных. Сопоставление сведений о древних миграционных потоках людей и вымирании крупных животных дает основание считать виновником некоторых экологических кризисов человека (табл. 1.1).

Современное напряженное состояние взаимоотношений человека и природы есть следствие как природных процессов, так и интенсивного развития промышленного и сельскохозяйственного производства, создание большого количества различных веществ, в том числе и таких, которые

**Таблица 1.1. Появление человека и исчезновение
в это время крупных животных (по Н.Ф.Реймерсу)**

Появление человека		Виды животных, исчезнувших в это время
Географическое место	Время, тыс. лет	
Африка, Юго-Восточная Азия, Европа	До 40,0	Жираф с красными рогами
Австралия	20,0—13,0	Гигантский сумчатый грызун
Север Евразии и Северной Америки	13,0—11,0	Мамонт, древний слон
Центральная Америка	11,0—10,5	Саблезубый тигр
Южная Америка	10,5—2,0	Гигантский ленивец, глиптодонт
Мадагаскар	1,0—0,4	Гигантский лемуру

не могут быстро включаться в существующие на Земле круговороты вещества. Результатом является резкое, прежде всего геохимическое, изменение окружающего мира, что и оценивается человеком как неблагоприятное состояние или экологический кризис. Но если катастрофа — необратимое явление, то кризисная ситуация может быть обратима, особенно при небольших, локальных изменениях окружающего нас мира: засушливое лето, очень холодная зима, возврат холодов в начале лета, ранние заморозки в конце лета и т.д.

Анализ русских исторических источников позволил Е.П.Борисенкову и В.М.Пасецкому выявить некоторые закономерности этих процессов на европейской части нашей страны за тысячелетие ¹ (табл. 1.2).

Установлено общее увеличение экстремальных природных явлений от X к XIX в., даже если принимать во внимание более тщательную регистрацию этих явлений в последние столетия. Показано, что для нашей страны основной причиной неблагоприятия (кризисной ситуации) являются засухи. Расплата же за все эти природные катаклизмы одна — голод.

¹ См.: Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М., 1988.

**Таблица 1.2. Экстремальные природные явления,
зарегистрированные в русских исторических источниках X—XIX вв.
(по Е.П.Борисенкову, В.М.Пасецкому)**

Природные явления	Век										Всего за тысячу лет
	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	
Засухи	18	25	34	35	38	26	27	46	42	70	360
Нашествие вредителей	—	4	3	—	1	2	9	15	7	52	93
Морозы в конце лета	—	—	4	4	5	8	7	13	7	32	80
Холодные зимы	16	17	18	25	30	31	32	32	41	51	293
Мягкие зимы	—	2	15	14	8	9	20	7	27	28	130
Небывалые половодья	4	2	4	8	9	7	11	13	43	36	137
Возврат холодов в начале лета	—	1	3	4	4	6	14	18	10	45	105
Великие бури и грозы	2	2	18	14	25	30	34	31	31	59	136
Землетрясения	3	4	10	3	4	6	7	8	50	67	162
Эпидемии, эпизоотии	—	4	7	11	24	26	23	19	18	63	185
Голодные годы	13	11	24	34	37	41	48	65	75	85	433

Фактически за истекшее тысячелетие, при значительно лучшем состоянии Природы, чем в настоящее время, каждый второй-третий год на Руси был голодным.

Современный экологический кризис является глобальным, охватывает всю поверхность Земли, и потому выход из него есть задача для всего человечества. Следствием осознания сложившейся ситуации явилось выделение экологических проблем в разряд самостоятельных и резко повысило интерес к экологии как науке. От нее ждут научно обоснованных рецептов выхода из глобального и местных экологических кризисов. Как уже отмечалось, экология, определив предметом своих интересов изучение взаимосвязей живого (включая и человека) со своим окружением, действительно претендует на руководящую роль в решении экологических проблем. Но достаточно ли знаний одной экологии для решения таких проблем?

Знания, необходимые для решения экологических проблем

Крайняя неэкологичность основных технологических процессов в промышленности и сельском хозяйстве, выражающаяся прежде всего в большом количестве отходов, грандиозные планы переделки природы («великий сталинский план преобразования природы» 1950—1970 гг.; план поворота северных рек на юг; повсеместная мелиорация и т.д.), реализованные даже частично, привели к ситуации экологического кризиса, близкого к катастрофе в большинстве районов нашей страны, и сформировали убеждение, что все это — следствие незнания экологических закономерностей и что если проектировщиков, управленцев, строителей ознакомить с этими закономерностями, то они будут принимать экологически обоснованные решения. Действительно, в подготовке инженерно-технических работников цикл общенаучных дисциплин представлен чаще всего только физикой и химией, а геолого-географические и биологические науки отсутствуют. Экология в силу своей междисциплинарности может в какой-то степени ликвидировать данный пробел в образовании и тем самым повлиять на мировоззренческие основы, в рамках которых принимаются проективные,

инженерные, управленческие решения. Истоки сложившейся ситуации лежат значительно глубже.

На протяжении последних 200 лет формирование мировоззрения строится на физической картине мира, в которой живое как обязательный элемент мироздания не признается. Поэтому разрабатываемые технологии, конструкции машин и механизмов, экономические, политические, социальные решения, принимаемые в рамках этой картины мира, рассматривают живое как досадную помеху, с которой часто можно и не считаться. Именно здесь начало наших загазованных цехов, нелепых операторских рабочих мест, рыбоподъемников там, где нет хода рыбы, «хрущоб» и т.д. Для решения экологических проблем использование естественно-научных знаний должно быть осуществлено в рамках другой картины мира. Об этом еще в начале века хорошо сказал В.И.Вернадский:

«Можно видеть в представлениях человека о Космосе два синтеза, по существу совершенно разных, находящихся на разных стадиях своего развития и едва ли совместимых между собой.

С одной стороны — отвлеченное представление физика или механика, где все сводится в конце концов на немногие, нашими органами чувств и даже нашим сознанием не охватываемые в образной форме представления об эфире, энергии, квантах, электронах, силовых линиях, вихрях или корпускулах. В сущности этот мир Космоса дает нам совершенно чуждое, нас не трогающее впечатление и, очевидно, представляет схему, далекую от действительности даже тогда, когда мы превратим его в своеобразный хаос движущихся без порядка частей, или, наоборот, в своеобразную машину, регулируемую мировым разумом или той или иной формой божества. Эта абстракция является удобной формой научной работы, входит в научное мировоззрение, но не охватывает его всего, не проникает даже все области естествознания, она явно неполна, как неполны по сравнению с природными объектами все отвлеченные и идеальные создания человеческого разума, всегда упрощающие реальные объекты, подлежащие нашему изучению. Эта схема строения Мира слишком рационалистична, проникнута человеческим разумом, подобно религиозным концепциям теологов.

Наряду с этой — физической — картиной Космоса всегда существует другое о нем представление — натуралистическое, не разложимое на геометрические формы, более сложное и более для нас близкое и реальное, которое пока тесно связано не со всем Космосом, но с его частью — нашей планетой, то представление, которое всякий натуралист, изучающий описательные науки, имеет об окружающей природе. В это представление всегда входит новый элемент, отсутствующий в построениях космогоний, теоретической физики или механики — элемент живого.

Эти представления о природе не менее научны, чем создание космогоний или теоретической физики и химии, и ближе для многих, хотя они так же неполны, как и геометрические схемы упрощенной мысли физиков, но они менее проникнуты призрачными созданиями человеческого ума и дают нам другие стороны Космоса, оставленные последними вне своих абстрактных построений.

...И это несмотря на то, что в обычных представлениях, господствующих в научном мировоззрении и в культурной среде, именно физическое представление о Море, выраженное в образах математической физики, считается настоящим научным достижением, а натуралистическое миропонимание — более грубым к нему приближением.

С этой точки зрения чрезвычайно интересен и глубоко знаменателен в истории человечества переживаемый нами в XX в. переворот в физических представлениях о Море, создаваемый глубокими проникновениями в окружающее Эйнштейна, Минковского и других искателей, стоящих на почве теории относительности. Несомненно, с принятием представлений о пространстве, времени, тяготении, материи, энергии, отвечающих теории относительности, физическое мировоззрение чрезвычайно приближается к натуралистическому, и мы теперь находимся у предела великого синтеза представлений о природе, последствия которого нам сейчас даже трудно учесть при всех условиях нашего проникновения в будущее»¹.

¹ См.: *Вернадский В.И. Живое вещество*. М., 1978. С. 12.

В настоящее время эти мысли великого естествоиспытателя еще более актуальны, и работа, которая идет сегодня в физике, действительно приближает синтез физической и натуралистической картин мира. Особенно важны в этом плане работы школы И. Пригожина, посвященные проблеме возникновения организации из хаоса, а также вся проблематика энергоинформационных взаимодействий Земли и Космоса.

Само по себе овладение естественно-научными знаниями, даже в рамках натуралистической картины мира, не окажет серьезного влияния на решение экологических проблем до тех пор, пока эти знания не будут превращены в систему нормативных актов: законов, стандартов, инструкций. Но это уже область деятельностного знания. В нее входят технологические, материаловедческие, экономические, психологические, социологические, правовые знания. Решение экологических проблем осуществляется именно на этом уровне. Важно, чтобы деятельностное (нормативное) знание было сформировано в рамках натуралистической картины мира.

Применение деятельностного знания может приводить к различной его оценке разными группами людей. Например, расширение завода и увеличение выпуска продукции для дирекции и работников завода выступает как благо, даже если оно сопровождается ухудшением состояния окружающей среды, а для населения, не связанного с заводом (учителя, врачи, торговые работники и др.), может служить источником ухудшения жизни. Возникает конфликтная ситуация. Разрешение таких ситуаций требует определенной дипломатии, понимания сути конфликта и умения его разрешать, не доводя до социального взрыва. В основе движения «зеленых» лежат чаще всего такие ситуации.

Любое решение экологической проблемы всегда связано с какой-либо территорией. Поэтому можно выделить еще один аспект общего знания, который назовем прогностическим. Это исторические знания, дающие сведения о прошлом данного места, обычаях, режиме питания, типах жилищ, режиме работы и отдыха и т.д. тех поколений людей, которые жили и живут в данном месте и уже заплатили за адаптацию к этим условиям болезнями и преждевременной смертью своих предков. Оказывать существенное влияние на решение экологических

проблем это гуманитарное знание сможет только тогда, когда, как и естественно-научное, будет превращено в систему нормативных актов, т.е. станет деятельностным.

Сделаем небольшое обобщение: *для того чтобы естественно-научное и гуманитарное знания участвовали в решении экологических задач, их надо превратить в форму деятельностного знания, т.е. в систему нормативных актов в рамках натуралистической картины мира.*

Обучение осуществляется по отдельным предметам, а решать приходится «жизненные» проблемы, которые всегда междисциплинарны. Экологические задачи не исключение. Термин «жизненные» применен не случайно, т.к. категория задач, которые нужно решать при выходе из экологического кризиса, совсем другая, чем те, что учат решать в математике, физике или химии. Начиная со школы человеку прививается мысль, что в задаче должно быть все ясно: что дано, что надо найти, какая существует связь между исходными данными и результатом. Такие задачи называют поставленными. «Жизненные» задачи, как правило, требуют корректной постановки. Действительно, что значит «организовать летний отдых» или «как напоить чаем население города» и т.п.? Сразу же появляется масса вопросов. Такие задачи называются непоставленными, и, прежде чем их решать, надо превратить их в поставленные.

Поставить задачу — значит:

- выдвинуть исходные предположения;
- определить исходные данные в рамках выдвинутых предположений;
- определить желаемый конечный результат;
- выявить связь между исходными данными и желаемым результатом.

Выдвижение предположений — самый важный этап в решении «жизненных» задач, т.к. оно осуществляется в определенной мировоззренческой рамке, которая и будет определять условия решения задачи. Если это рамка физической картины мира, то получим научно обоснованное неэкологическое решение, как это чаще всего и происходит, когда составляют различные экологические программы: «хотели как лучше, а получилось как всегда». Можно с уверенностью сказать, что любая концепция развития мира, страны, города,

области, района, где в основе исходных предположений будут лежать чисто экономические или политические посылки, в конечном итоге приведет к ухудшению экологического состояния данной территории.

Другая особенность решения таких задач — отсутствие единственно верного решения. Изменение исходных предположений меняет и конечный результат.

Третья особенность — форма зависимости между исходными данными и желаемым результатом чаще всего не известна, и ее приходится задавать с определенной долей конъюнктуры.

Все сказанное приводит к выводу, что находить разумный выход из экологических кризисов человек сможет только тогда, когда:

- сменит мировоззренческую основу с физической на натуралистическую;
- создаст систему нормативных актов (деятельностного знания) в рамках натуралистической картины мира;
- научится решать «жизненные» задачи.

Совершить такие изменения в мыслительной и практической деятельности одной экологии явно не под силу. Она выступает как знамя, объединяющее все науки в их стремлении внести вклад в решение экологических проблем современного мира. Авангардная роль экологии обусловлена совпадением внутренней логики ее собственного развития и практических задач, стоящих в настоящее время перед человечеством.

Глобальность современного экологического кризиса не означает его равное проявление на всей поверхности Земли. Есть территории, где кризисные явления достаточно отчетливо выражены: это прежде всего зоны сосредоточения промышленности, большие распаханное пространства, крупные города. В районах с малочисленным населением и слабо развитой промышленностью проявление экологического кризиса более мягкое.

Рис. 1

Пути решения экологических проблем

Поиск путей решения экологических проблем осуществляется на трех основных уровнях: глобальном, региональном, местном.

Решение экологических задач глобального уровня связано с выработкой стратегии выживания человека как вида. Осознание необходимости выработки стратегии дальнейшего развития человечества началось с 1972 г., когда в Стокгольме состоялась первая конференция ООН по проблеме «Человек и окружающая его среда». На этой конференции, несмотря на огромное разнообразие взглядов, точек зрения, все согласились, что *«...дальнейшее развитие человеческого общества невозможно без учета проблем окружающей его среды»*. Можно считать, что в этот год и на этой конференции человечество приняло первое в известной нам истории (7–10 тыс. лет) стратегическое решение по дальнейшему выживанию и развитию всего вида, а не отдельных государств, стран, народов или племен.

Само по себе это утверждение не решает каких-либо конкретных проблем. Оно лишь показывает направление, в котором следует двигаться всем народам Земли, если они хотят жить долго и счастливо. Через 12 лет после Стокгольма под эгидой ООН была сформирована независимая Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР) под руководством Г.Х.Брундтланд, бывшей в то время премьер-министром Норвегии. Задание для комиссии включало следующее:

- предложить долгосрочные стратегии в области окружающей среды, которые позволили бы обеспечить устойчивое развитие к 2000 г. и на более длительный период;
- рекомендовать пути, посредством которых забота об окружающей среде привела бы к более тесному содружеству стран;
- рассмотреть способы и средства, используя которые мировое сообщество смогло бы эффективно решать проблемы окружающей среды;
- помочь выявить общие подходы к пониманию долгосрочных проблем окружающей среды.

В результате трехлетней работы группа экспертов численностью 22 человека (и плюс 2000 консультантов из раз-

ных стран мира) представила в 1987 г. доклад ООН под названием «Наше общее будущее». В нем сформулирована стратегия устойчивого, или экологически чистого, развития, развития без разрушения. В заключение раздела доклада «Об устойчивом развитии» записано: *«В своем самом широком смысле стратегия устойчивого развития направлена на достижение гармонии в отношениях между людьми и между обществом и природой»*. Сравните это положение с предметом экологии как науки, и станет понятна ее лидирующая роль.

Сформулированы и требования для достижения устойчивого развития. Человечеству для достижения поставленной цели необходимо иметь:

- политическую систему, обеспечивающую участие широких масс населения в принятии решений;
- экономическую систему, обеспечивающую расширенное воспроизводство и технический прогресс на собственной, постоянно расширяющейся базе;
- социальную систему, обеспечивающую снятие напряжений, возникающих при негармоничном экономическом развитии;
- систему производства, сохраняющую эколого-ресурсную базу;
- технологическую систему, обеспечивающую постоянный поиск новых решений;
- международную систему, способствующую устойчивости торговых и финансовых связей;
- административную систему, достаточно гибкую и способную к самокорректировке.

Требования носят характер целей, которые должны лежать в основе национальных и международных действий в области социально-экономического развития.

В 1992 г. на конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в Рио-де-Жанейро, сделан следующий шаг в развитии стратегических решений Стокгольмской конференции. Установки, принятые в Рио, исключительно важны, т.к. определяют программу действий на XXI век. Главный вывод, к которому пришли эксперты при подготовке этой конференции, заключается в том, что *«...путь развития, пройденный цивилизованными страна-*

ми, ведет весь мир к катастрофе. Он неприемлем для развивающихся стран».

Чрезмерные претензии и расточительный образ жизни богатой (цивилизованной) части человеческого общества огромным грузом ложатся на окружающую среду. Поэтому разумная структура потребления должна стоять на первом месте, а уже под нее следует формировать соответствующую структуру производства. Фактически это означает переход на социально ориентированную экономику, резкое снижение затрат на продукцию уничтожения (военную), управление модой на продукты питания, одежду, жилье и т.д. Предлагается возложить эту работу развитым странам, с тем чтобы развивающиеся могли следовать их примеру.

Строго говоря, эти рекомендации означают необходимость ограничения потребления, отказ от максимального удовлетворения постоянно растущих потребностей человека, сознательное формирование и регулирование потребительского спроса. Реализация такой стратегической установки, несомненно, встретит достаточно сильное сопротивление вследствие различий в уровнях развития разных стран, различного понимания потребностей богатых и бедных слоев общества, национальных особенностей.

В теоретическом плане возможны два основных пути решения данной задачи:

1. Принудительный. Планирование структуры потребления государством и навязывание ее через средства массовой информации, путем оказания налогового давления.

2. Самоограничения, самосовершенствования личности.

Реализация крайних вариантов обоих путей известна в истории человечества. Первый путь — попытка построения социализма в нашей и других странах. Видимо, предельно яркое выражение этого направления проявилось в варианте корейского социализма. Предельное выражение второго пути — отшельники, пустынные. Человечество, очевидно, изберет «золотую» середину: государственная система формирования потребностей с достаточно сильной пропагандой различных способов самосовершенствования.

Концепция устойчивого развития основана на анализе существующих трендов использования природных ресурсов и имеет больше эмоций, нежели настоящих концептуальных разработок мира будущего.

Сама идея «достижения гармонии человека и природы» требует тщательного осмысления, т.к. в истории человеческого знания она известна как утопия, что в переводе с греческого означает «место, которого нет». Достижение гармонии может означать остановку развития. Действительно ли человечество стремится к такому финалу?

Сложность внутривидовой структуры человечества, обусловленная генетически заданными стратегиями жизни отдельных индивидуумов, разными стадиями развития групп населения (государств, регионов, этносов и др.), вносит дополнительные трудности в разработку всей проблемы.

Для того чтобы все человечество двигалось в одном направлении, необходима достаточно жесткая иерархия управления этим процессом.

Основу концепции устойчивого развития должна составлять концепция управления миром будущего, последовательно реализуемая на концептуальном, идеологическом, политическом и экономическом уровнях. Доминирующая в настоящее время идея самоуправляемой рыночной экономики как основы устойчивого развития является блефом, т.к. неуправляемой экономики не существует. Основным в структуре управления является концептуальный уровень, определяющий исходные посылы мира будущего. Экологически чистое развитие, или развитие без разрушения, возможно только в случае если на этом уровне определяющими будут приняты экологические требования и в соответствии с ними разработаны остальные уровни управления. Все другие варианты создают лишь иллюзию решения экологических проблем. Выдвижения целевых установок концептуального уровня управления не следует ожидать от политиков, экономистов, юристов, начальников разных рангов. Их деятельностное знание реализуется на последующих уровнях иерархии управления. Концептуальный уровень формируется мудрецами, требует привлечения широкообразованных людей, в достаточно большой степени независимых от сильных мира сего. Таких личностей всегда мало, но именно они способны предложить человечеству основные положения по строительству мира будущего, развитию без разрушения. Возможно, что новые концептуальные установки появятся в религиозной, а не научной среде.

Главная трудность обсуждения путей решения экологических проблем на региональном уровне связана с неопределенностью понятия «регион». Под этим названием могут скрываться огромные пространства, например: Юго-Восточный, Уральский, Дальневосточный, Северо-Западный регионы или, наоборот, достаточно небольшие: восточный регион Свердловской области и т.д. Это промежуточный уровень, и поэтому требуется каждый раз определять понятие. При решении одних задач региональные проблемы приближаются к глобальным, при решении других — к местным, локальным.

На местном, локальном уровне происходит превращение экологической проблемы в «жизненные» задачи, и, следовательно, в полной мере проявляются мировоззренческие основы, определяющие принятие решений по действиям в данном конкретном месте. Экологические критерии выбора места строительства завода, плотины, промышленного узла, дороги и т.п. должны быть ведущими. При этом следует иметь в виду, что конфликтность конкретных ситуаций неизбежна. Разрешение их нужно строить на идее сотрудничества, а не антагонизма Человека и Природы. В перспективе следует ожидать широкое внедрение в практику решения конкретных местных задач разработок математических моделей предполагаемого преобразования земной поверхности. Тогда появляется возможность выбора наиболее подходящего варианта компромиссного решения до его реализации в натуре.

В заключение сформулируем основные положения, рассмотренные в лекции:

1. Экология — наука, занимающаяся изучением взаимоотношений живых организмов и окружающей их среды. Человек как часть живой материи и его отношения с окружающим миром входят в круг интересов экологии.
2. Экологическая катастрофа есть непрерывное и постоянно идущее необратимое изменение в окружающем нас мире. Деятельность человека осуществляется на постоянном фоне природных экологических катастроф.
3. Экологический кризис — обратимое изменение в окружающем нас мире. Степень обратимости различна: от полной — до приближающейся к экологической катастрофе.

4. Мир изменяется и без участия человека, что необходимо учитывать при разработке стратегии развития человеческого общества.

5. Человечество в целом осознало неразрывную связь собственного существования и развития с состоянием окружающего мира. Начало этого процесса можно датировать 1972 г. — проведением Стокгольмской конференции ООН.

6. В 1987 г. Комиссией ООН по окружающей среде и развитию (МКОСР) выдвинута концепция устойчивого, или экологически чистого, развития человеческого общества. В основе ее лежит анализ трендов использования природных ресурсов, т.е. экономический уровень управления миром будущего. Отсутствие четких концептуальных положений строительства мира будущего, особенно в части управления его развитием, может привести только к ухудшению общей ситуации в мире. Концептуальная разработка идеи устойчивого развития человеческого общества должна учитывать ограничения, накладываемые не только социальными, но и экологическими условиями.

7. Разумно находить выход из экологических кризисов человечество сможет только тогда, когда:

- сменит мировоззренческую основу с физической на натуралистическую;

- создаст систему нормативных актов (деятельностного знания) в рамках натуралистической картины мира;

- научится решать «жизненные» задачи.

8. В рамках натуралистической картины мира органический мир (жизнь, живое) является обязательным элементом мироздания.

Лекция 2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА — ОСНОВНОЕ ПОНЯТИЕ ЭКОЛОГИИ

Резкое отличие живого от мертвого является аксиомой, точно так же, как являются ею положение о существовании неразрывной связи между живым и мертвым и круговорот химических элементов в живом веществе.

В.И.Вернадский

Понятие природного тела и системы. Основные этапы становления системного подхода. Проблема границ природного тела и системы. Место экологической системы в рамках системного мышления. Структура экологической системы. Подходы к классификации природных объектов как экологических систем.

В экологии все тела, процессы, явления рассматриваются в рамках взаимодействия живого и его окружения. Английский исследователь А.Тэнсли в 1935 г. предложил это единство обозначить термином «экологическая система». Фактически он дал экологии ту определенность, которой ей не хватало с момента ее выделения Э.Геккелем. С тех пор попыток дать четкое определение экологической системы так же много, как и определений самой экологии. Рассмотрим наиболее известные и попробуем выявить некоторые общие черты.

«Биотоп и населяющие его организмы образуют некое функциональное единство, называемое экологической системой».

А.Тэнсли

«Любое единство, включающее все организмы (т.е. сообщество) на данном участке и взаимодействующее с физической средой таким образом, что поток энергии создает четко определенную трофическую структуру, видовое разнообразие и круговорот веществ (т. е. обмен веществ между биотической и абиотической частями) внутри этого единства, называется экосистемой».

Ю.Одум

«Любая часть жизни, взаимодействующая со своим окружением, называется экологической системой».

Ф.Эдамс

«Комплекс взаимосвязанных популяций разных видов живых существ и изменяемой ими абиотической среды, обладающий способностью к саморегуляции и самовозобновлению всех главных компонентов их биоты, называется экологической системой».

Ю.А.Исаков



Владимир Николаевич Сукачев
(1880—1970)



Артур Тэнсли
(1871—1955)

«Экосистема — информационно саморазвивающаяся термодинамически открытая совокупность биотических экологических компонентов и абиотических источников вещества и энергии, единство и функциональная связь которых в пределах характерного для определенного участка биосферы времени и пространства (включая биосферу в целом) обеспечивает превышение на этом участке внутренних закономерностей перемещений вещества, энергии и информации над внешним обменом (в том числе между соседними аналогичными совокупностями) и на основе этого неопределенно долгую саморегуляцию развитие целого под управляющим воздействием биотических и биогенных составляющих».

Н.Ф.Реймерс

Можно привести еще не один десяток попыток, но суть уже не изменится. Расшифровка определения Н.Ф.Реймерса представляет отдельную «проблему», и желающие могут этим заняться самостоятельно.

Во всех определениях экосистемы можно выделить три основные особенности:

1. Подчеркивание неразрывности связи живых организмов и их окружения.

2. Умолчание о границах экологической системы и в то же время отчетливое желание привязаться к территории или объему.

3. Неопределенность понятия живого и его окружения.

Обсудим подробнее выявленные особенности.

Постоянное подчеркивание неразрывности связи живого и его окружения заставляет рассмотреть вопрос о соотношении понятий природного тела и системы.

Понятие природного тела и системы

В.И.Вернадский в «Размышлениях натуралиста» отмечал: «В естествознании исходным объектом научного знания является научно установленное природное, «естественное» (т.е. земное, планетное) тело или такое же явление, не зависящее от наблюдателя. Им может явиться и сам наблюдатель, т.к. натуралист не может забывать, что он сам является естественным, т.е. планетным телом — объектом научного изучения наравне с другими естественными телами»¹.

Теория и методология науки сосредоточили свое внимание в основном на микро- и мегамире. Проблема макрообъектов на Земле — геологических, географических, биологических и т.д. — по-видимому, считается тривиальной. Для экологии эти объекты являются основными, и следует рассмотреть их возможные представления.

Еще в античные времена существовало понимание разнообразия строения природных тел. Секст Эмпирик писал:

«Из тел одни состоят из предметов связанных (как судно, цепи, фаланги), другие — из объединенных в одно целое,

¹ Вернадский В.И. Размышления натуралиста. М., 1970. С. 70.

когда они держатся при помощи одного общего состояния (как растения и животные), третьи — из разъединенных (как хоры, войска, стада)»¹.

Г.Лейбниц, развивая эти представления, говорил об индивидуальности, разнородности, организованности и саморазвитии природных тел. В XIX и XX вв. такое понимание материальных тел развивалось в геологии, географии, биологии, что и привело к формированию системного мышления. Физика же, начиная с Ньютона, развивала представления об абстрактном материальном теле (точке), которое перемещается в пустоте. Ньютоновские воззрения лежат в основе физического рационализма, давшего так много в познании окружающего нас мира и сформировавшего современную научную картину мира. Становление системных представлений о природных объектах возвращает нас к рассмотрению их реального разнообразия, необходимости классификации этого разнообразия и изучению конкретного строения.

Принцип системности есть метод представления природного объекта со стороны того, как он организован, как соотносятся части объекта (тела), образуя свойства его как целого.

Базовым в определении экологической системы является понятие «система», под которым понимается «целое, составленное из частей».

Возможны два подхода к интерпретации этого понятия:

1. Систему образует целое, *разделенное* на части.
2. Систему образует целое, *собранное* из частей.

В первом случае целое определяет судьбу части, во втором — части формируют целое.

Признание приоритета целого над частью позволяет, разделяя целостный, взаимосвязанный Мир или отдельные природные объекты на различные части (уровни организации, блоки, компоненты, элементы), выявлять существенные характеристики организованности. Данный подход лежит в основе выделения различных областей знания, формирования отдельных наук и определения их основных понятий. В этом случае определения основных понятий будут всегда сущностными, т.е. достаточно общими и нечеткими (напри-

¹ Секст Эмпирик. Сочинения. М., 1975. Т. I. С. 80.

мер, определение вида в биологии, ландшафта в географии, приведенные выше определения экосистемы), т.к. в значительной мере отражают субъективное разделение на части того или иного природного объекта. Это *исследовательская парадигма*. Целое в научном исследовании как бы раскрывает все свои возможности.

Приоритет части над целым характерен для деятельностного знания. Необходимость формировать целое из известных частей переводит проблему выявления сущности природного объекта в проблему создания заданного целого. На первый план выходят проблемы определения самого целого, выбора составляющих его частей и связей между ними. Появляется необходимость жесткого конструирования конкретной системы, процедур (алгоритмов) ее формирования и представления. В данном случае целое всегда результат заданных условий. Это системотехническая, или *конструкторская*, парадигма.

Отмеченная двойственность в интерпретации понятия «система» часто служит причиной конфликтных ситуаций между исследователями и практическими работниками.

Основные вехи становления системного подхода к природным объектам

Рассмотрение этого вопроса проведем в рамках биологии, т.к. экология формировалась в этой области знания и до сих пор многие ставят знак равенства между ними.

В биологии изучение целого шло по трем основным направлениям:

1. *Рассмотрение организма (клетки) как целостного образования.* В рамках этого направления Ж.Кювье сформулировал принцип корреляции, на основании которого ему удалось разработать способ восстановления целостного облика животного по отдельной части; Клод Бернар открыл вазомоторный принцип работы нервной системы, что привело к пониманию функциональной целостности организма; опыты по пересадке тканей показали большую изменчивость хода морфогенеза и привели к представлению об организаторах; генетики пришли к убеждению, что генотип — это глубоко

интегрированная система генов, способная регулировать процессы наследственной изменчивости.

2. *Рассмотрение вида как целостного образования.* При изучении его внутренней структурированности пришло понимание того, что основа целостности вида — генофонд. Н.И.Вавилов сформулировал закон гомологических рядов наследственной изменчивости.

3. *Рассмотрение единства живых организмов и окружающей их среды* привело к формированию представлений об экологической системе.

Следующим этапом в становлении системного подхода к природным телам, процессам и явлениям стало создание всеобщей организационной науки А.А.Богдановым (1913—1918). Тектология А.Богданова до сих пор является крупнейшим обобщением в области теории систем¹.

В начале века большое внимание этому вопросу уделяли эмбриологи. Вот как пишет один из них, Людвиг фон Берталанфи: «...В начале 20-х гг. меня стали приводить в недоумение очевидные пробелы в биологических эмпирических и теоретических исследованиях. Я защищал организменную концепцию в биологии. В связи с экспериментальной работой по метаболизму и росту, с одной стороны, и попытками конкретизировать организменную теорию — с другой, мною была предложена в 30-е гг. программа «теории открытых систем», основанная на том тривиальном факте, что организм представляет собой открытую систему, нежели на какой-либо развернутой биологической теории, существовавшей в то время. На этой базе возникла необходимость распространить традиционную физическую теорию на биологию путем обобщения кинетических принципов и термодинамических теорий, в рамках последней была разработана термодинамика необратимых процессов. В дальнейшем оказались возможны другие обобщения»².

Эти обобщения касались в основном уточнения применения второго закона термодинамики для биологических процессов.

¹ См.: *Тахтаджян А.А. Тектология: история и проблемы // Системные исследования.. М., 1972.*

² *Bertalanffy L. Theoretische biologie. 1932. Bd. 1. S. 23.*

Современная стадия становления системного мышления характеризуется стремлением преодолеть разрыв между физическим редукционизмом и реальным разнообразием тел, процессов, явлений.

Успехи физики вытекают из того, что она занимается изучением относительно простых явлений: *организованной простоты* и *беспорядочной сложности* (например, частицы газа в сосуде). Разработаны методы математического описания такого рода явлений на основе теории вероятностей. Попытки использовать эти методы для изучения других свойств, а именно *организованной сложности*, показывают, что они имеют ограниченное применение. Науку же все больше интересуют явления именно такого плана. Задача сводится к тому, чтобы преодолеть разрыв между организованностью и сложностью. Этот мотив является общим для всего разнообразия подходов в настоящее время. В качестве примера можно указать на системную динамику Дж.Форрестера, которая была использована группой Д.Медоуза в известной работе «Пределы роста»; теорию сильно неравновесных систем, активно разрабатываемую И. Пригожиным.

У.Р.Эшби (1962) удалось сформулировать три принципа исследования организованной сложности¹.

1. *Принцип необходимого разнообразия.* В природе любой процесс, явление, тело проявляется всегда в некотором разнообразии. Поэтому реально всегда взаимодействует разнообразие с разнообразием, и как следствие этого появляется направленность развития (разнообразие уничтожает разнообразие).

2. *Принцип временной независимости.* Он служит основой понимания реакций природных тел, процессов, явлений на внешние воздействия. Разрыв связей, ведущий к временной автономизации частей, и последующее их восстановление или образование новых при любых внешних воздействиях является сутью данного принципа. Более образно этот принцип в свое время сформулировал В.И.Ленин: «... для того чтобы объединиться, надо сначала разъединиться».

3. *Принцип усилителя.* Является своеобразным проявлением принципов сохранения вещества, энергии и т.п. Усиление

¹ См.: Эшби У.Р. Конструкция мозга. М., 1962.

какого-либо процесса, явления, тела возможно только за счет другого.

Таким образом, понятие природного тела не является таким уж тривиальным, как может показаться на первый взгляд, т.к. вводит в круг новых проблем, требует признания организованности как важнейшего свойства окружающего нас мира, реализуемого в виде структурных различий ее компонентов. Эти различия предстают в виде соподчиненных или иерархических структурных уровней, что позволяет говорить о формах движения материи, расчленять мир на живой и неживой и выделять их уровни организации. Поэтому *мир природы в системном исследовании рассматривается как полииерархическая система природных объектов.*

Проблема границ природного тела и системы

Всеобщая взаимосвязь, организованность окружающего нас мира затрудняет сущностное выделение отдельных природных объектов, но интуитивно мы всегда понимаем, о чем идет речь. Попробуем более четко определить это понятие:

Природное тело или явление есть материальный объект (или его фрагмент) с фиксированными пространственными и (или) временными границами.

Природные тела могут быть представлены веществом (вещественный субстрат) и (или) физическими полями (энергетический субстрат), что сразу же усложняет задачу их выделения и представления в виде системы. Например, учет электромагнитного и гравитационного поля нашей планеты увеличивает ее размеры более чем в 300 раз.

Требование фиксированных границ очень важно, т.к. позволяет определить «естественное» место природного образования на тех или иных уровнях организации природы, которое в конечном итоге характеризуется собственным пространством-временем. Это означает, что всегда приходится иметь дело с некоторым разнообразием пространственно-временных проявлений природных тел и процессов, когда проводим их выделение для каких-то своих исследовательских или практических задач. Поэтому при решении конкретных проблем человеку постоянно приходится иметь дело

с пространственно-временной неоднородностью природных тел, процессов и явлений, системное представление которых отличается от абстрактного (ньютоновского) более адекватным его отражением, т.к. требует учета его индивидуальности.

Непрерывность природных тел, процессов, явлений превращается в дискретность только тогда, когда человек выдвигает какие-либо ограничивающие условия. Например, нельзя дать однозначный ответ на вопрос, где провести границу водоема, т.к. она может быть определена по воде, растительности, животному населению и т.д. Необходимы дальнейшие уточнения в рамках решаемой проблемы (задачи).

Место экосистемы в рамках системного подхода

Тип системы, в форме которой может быть представлен природный объект, определяется выбранными элементами и связью между ними. Такое представление природного тела отражает всегда только какой-нибудь его аспект и поэтому всегда будет неполным или, другими словами, *моделью природного объекта*.

Понятие модели различается в математике и естественных науках. В математике модель — частное проявление аксиом. В естественных науках — это отражение существенных сторон природного объекта при решении конкретной задачи. На основании изложенных представлений можно дать определение экологической системы как одного из возможных представлений природного объекта.

Экологическая система есть модель взаимосвязей живых организмов и окружающей их среды в рамках решения конкретной задачи.

Принципиальное отличие выражения природного объекта в виде экосистемы от прочих (физических, химических, геологических, биологических, экономических и т.п. систем) заключается в соблюдении одного обязательного условия: *необходимо, чтобы хотя бы одна из компонент природного объекта была представлена в виде характеристик живой материи*. При этом даже не столь важно, какие они будут: биомасса, число видов, количество хлорофилла, ДНК и т.п. Принципиально, что в данном случае как Мир в целом, так и отдельные его

части рассматриваются как *единство живого и его окружения. Жизнь становится полноправным компонентом мироздания.* В этом основа новой парадигмы представлений об окружающем мире и месте в нем живого, включая и человека.

Сравнивая основные понятия биологии (вид) и экологии (экосистема), нетрудно заметить, что они принципиально различны. Вид есть природное образование, а экосистема — одна из форм условного представления природных объектов, мыслительная конструкция. Другое принципиальное различие биологии и экологии сформулировано В.И.Вернадским и приведено в эпитафье. Биология строится на парадигме *отличия* живого от неживого, а экология — на *сходстве*. Поэтому биология и экология не являются синонимами.

Структура экологической системы

Системное представление природного объекта требует разделения его как минимум на две взаимодействующие части. На основе наиболее общих понятий о живом и его окружении природный объект может быть представлен как экологическая система в следующем виде:

Природный объект = Биота ↔ Окружающая среда

Стрелки указывают лишь на то, что части взаимодействуют, сосуществуют вместе. Наполнение их содержанием и есть решение конкретной экологической проблемы.

В биологической, географической и экологической литературе имеется много попыток дать расшифровку структуры экологической системы. Обычно это делается в рамках, предложенных авторами определений экосистемы. Не будем нарушать традиций и последуем по этому пути. В предложенном выше определении экосистемы важно понять, какой уровень представления биоты и среды необходим для решения задачи. На наш взгляд, на данном этапе теоретического анализа возможно конструктивное обсуждение по крайней мере четырех вариантов детализации экосистемных взаимосвязей. Нет принципиального запрета на другие варианты, и каждый, кто возьмется строить модель задачи для решения

экологической проблемы, вынужден будет выделить свои характеристики биоты и окружающей среды. Рассмотренные мною интересны тем, что позволяют разобраться с лавиной различных экологий и понять, что попытки их выделения вне рамок экосистемных представлений оказываются мало-перспективными (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Некоторые варианты детализации представлений природного объекта в виде экологической системы

Вариант	Биота	↔	Окружающая среда
I	Органический мир	↔	Неорганический мир
II	Субклеточные структуры	↔	Среда обитания
	Организм (одно- и многоклеточный)		Условия жизни
	Популяция		Экологические факторы
	Биоценоз		
	Живое вещество		
III	Фитоценоз	↔	Атмосфера
	Зооценоз		Гидросфера
	Микробоценоз		Литосфера
IV	Человек	↔	Окружающая среда
	Особь (индивидуум, личность)	↔	Природная среда
	Группы		Социальная среда
	Общество		Духовная среда

Окружающая среда в экологии выступает как некий набор воздействий, называемых экологическими факторами. Само понятие фактора не является тривиальным и ему будет посвящена следующая лекция.

Рассмотрим представления биотической компоненты экосистемы, т.к. именно она определяет разнообразие существующих экологий (табл. 2.1).

Первый вариант относится к категории самых общих. Понятия органического мира, биоты и живого вещества равноположены, хотя каждое из них гипертрофирует тот или иной аспект. Так, понятие «органический мир» отражает не только то, что все живые организмы состоят из органических молекул, но и включает в себя органические молекулы, находящиеся вне живого. Мировоззренческое значение такого представления природы подчеркивает неизбежность совместного существования органических и неорганических молекул в Космосе. Современные знания о процессах, протекающих в звездах и приводящих к образованию химических элементов, подтверждают этот вывод. Из рассмотрения водорода как исходного сырья для образования элементов следует, что с появлением атомов углерода, азота, кислорода должно неизбежно начаться, в силу обычных физико-химических взаимодействий, образование простейших органических соединений типа аммиака, метана, а также углекислого газа и воды. Поэтому в рамках экосистемного представления мира можно сформулировать следующее эмпирическое обобщение: *органический и неорганический миры в Космосе неразделимы. Они сосуществуют и изменяются вместе, непрерывно переходя друг в друга.*

Понятие «живое вещество» отражает совокупность химических элементов, заключенных во всех живых организмах на Земле, без деления на виды.

Понятие «биота» связывается с представлением всего живого как совокупности всех видов, существующих в данный момент на Земле.

Второй вариант является основным для современной экологии и связан с представлениями об уровнях организации живой материи. Проблема разделения материи, в том числе и живой, по уровням организации не имеет однозначного решения в философии, методологии науки, теоретической биологии. После оживленных дискуссий 50–60-х гг. сформировались две основные схемы деления живой материи:

1. Субклеточные структуры — клетка — организм — популяция — биоценоз — экосистема — биосфера.
2. Молекулярно-генетический — онтогенетический — экосистемный — биосферный.

На наш взгляд, обе схемы имеют целый ряд некорректностей, главной из которых является введение в систему уровней

организации живой материи экосистемного и биосферного. Живое любого уровня организации является только одной из частей экосистемы, а биосфера, кроме того выступая как функциональная геологическая оболочка Земли, является, по сути, предельной формой представления Земли в виде экосистемы. Логичнее первую схему представить в виде пяти основных уровней: субклеточные структуры — организм (одно- и многоклеточный) — популяция — биоценоз — живое вещество. На основе данных уровней сформировались основные разделы современной экологии (табл. 2.2).

В биологии накоплен значительный экспериментальный материал об изменениях субмолекулярных структур (включая генетические) под влиянием различных внешних условий, и поэтому может быть сформулирован еще один раздел экологии, отражающий данный уровень. Какое он получит название — молекулярная экология, субклеточная экология, мембранная экология и т.д.— покажет будущее.

Таблица 2.2. Основные разделы современной экологии

Название раздела	Уровень изучаемых взаимоотношений
Аутэкология	Организм ↔ Окружающая среда
Популяционная экология	Популяция ↔ Окружающая среда
Синэкология	Биоценоз ↔ Окружающая среда
Учение о биосфере	Живое вещество ↔ Окружающая среда

На каждом уровне взаимоотношений можно решать определенный круг задач. Область аут- и популяционной экологии позволяет решать задачи, связанные с судьбой особей и популяций отдельных видов. В синэкологии появляются и начинают доминировать территориальные экологические задачи, а судьба отдельного вида становится менее значимой. В учении о биосфере главными являются глобальные экологические проблемы, связанные с проявлением живого вещества как целого, и судьбы отдельных особей, видов

и биоценозов отходят на второй план. При выделении других уровней организации живого возможно формирование, например, онтогенетической и филогенетической экологии.

Третий вариант связан с понятием биогеоценоза В.Н.Сукачева. Почти одновременно с понятием экосистемы в российской науке появились сходные понятия — геобиоценоз и биогеоценоз. После опубликования работы В.Н.Сукачева «Основы лесной биогеоценологии» утвердилось второе название. Вот как писал о сущности данного понятия сам В.Н.Сукачев: «...Биогеоценоз можно определить как участок поверхности, где на известном протяжении биоценоз и отвечающие ему части атмосферы, литосферы, гидросферы и педосферы остаются однородными и имеющими однородный характер взаимодействия между ними и поэтому в совокупности образующими единый, внутренне взаимообусловленный комплекс. Коротко это можно выразить так: биогеоценоз = биоценоз (фитоценоз + зооценоз) + биотоп (эдафотоп + климатоп). При этом зооценоз понимается как все животное население, включая и простейших, обитающих в данном фитоценозе. Поэтому, как правило, границы отдельного биогеоценоза определяются фитоценозом. Однако бывают случаи, когда эта роль принадлежит зооценозу. Под эдафотопом и климатопом понимаются участки почвы и части атмосферы, пространственно соответствующие данному биоценозу»¹.

Искать принципиальную разницу в определениях экологической системы А.Тэнсли и биогеоценоза В.Н.Сукачева не имеет смысла. Интересно другое: Владимир Николаевич делает попытку определить границы биогеоценоза. Даже взяв за основу фитоценоз, невозможно достаточно четко провести границу. Например, кажется, что легко можно отделить водный фитоценоз от наземного, но мешают это сделать земноводные растения, входящие как компоненты в оба фитоценоза. Условность границ по абиотической компоненте еще более очевидна. В экологии решение вопроса найдено в выделении особой переходной зоны — *экотона*. Природные образования, такие как лесотундра, лесостепь, можно

¹ Сукачев В.Н. Сочинения. М., 1965. Т. I. С. 250.

рассматривать как экотоны. Границы раздела фаз — твердой, жидкой, газообразной — всегда будут представлены экотонами.

Четвертый вариант представляет особый интерес, т.к. живая компонента в нем представлена одним видом — человеком. Взаимоотношения человека с окружающим его миром находят свое выражение в науке, философии, религии, искусстве. За тысячелетия в каждой из форм отражения окружающего мира человечество накопило огромный фактический материал, сформировало свои формы представления этих взаимоотношений, разработало собственные языки и методы изучения. В науке это находит выражение в виде определенных представлений о внутривидовой структуре человеческого рода и как минимум тройной окружающей его среде: природной, социальной, духовной.

Сложность внутривидовой структуры связана с наличием у человека двух систем наследования: генетической и социальной. В рамках генетического наследования выделяют расы, антропологические и адаптивные типы. Передача социального опыта осуществляется через хозяйственно-культурные типы, нации, народности, государства. Работы Л.Н.Гумилева позволяют особо выделить такую внутривидовую единицу, как этнос. Для экологии она представляет исключительный интерес, т.к., по-видимому, является той самой естественной единицей существования, адаптации и изменения человека, какой для остальных видов является популяция. Анализ этого интересного вопроса уведет в сторону от темы и поэтому оставим его для другого случая (см. лекцию 9). Здесь же остановимся на рассмотрении возможности более грубого выражения внутривидовой структуры человека, что может дать основу для ответа на вопрос о месте человека в рамках экосистемного представления природных объектов.

Рассмотрение человека как биотической компоненты экосистемы приводит к несколько неожиданному заключению: *какие бы сложные и запутанные ни были отношения человека с природной, социальной и духовной средой, они все в конечном итоге являются экологическими.* Наверно, именно здесь и лежит ответ на вопрос: почему об экологии говорят все — от обывателя до глав государств. Переоценка ценностей в этих взаимоотношениях есть основа различных преобразований в обществе. Например, отказ от чисто экономических

критериев развития человечества и переход на экологические потребует перестроить всю систему нормативных актов, социального заказа системе образования, приоритетов в деятельности различных организационных структур и т.д. Из такого макромасштабного рассмотрения можно сделать еще один важный практический вывод:

Экологические взаимодействия составляют саму суть существования человека. Невозможно решить экологические проблемы раз и навсегда. Необходимо постоянно и непрерывно решать их. На смену одним проблемам будут приходиться другие. Окончательное решение возможно только путем полного уничтожения самого человечества либо окружающей его среды.

Две крайние внутривидовые единицы выделяются достаточно просто: общество в целом и отдельная личность. Проблема взаимоотношений общества и окружающего мира разрабатывается всем циклом гуманитарных наук, и я не буду ее затрагивать. Особь (организм, личность, индивидуум) и ее отношения с окружающим миром позволяют выделить иные аспекты и сформировать другие варианты экологий со своим кругом решаемых задач — от чисто медицинских до психологических, социальных и духовных.

Весь промежуток между отдельной личностью и обществом в целом может быть представлен в виде различных групп людей. Объединение в группы может иметь достаточно длительный характер: этносы, государства, империи, народы, нации и т.п., а может быть краткосрочным: возрастные группы, учебные и производственные коллективы, партии и т.п. Любая группа людей всегда носитель какого-либо аспекта взаимоотношений с окружающим миром. Теоретически возможно создание такого количества социальных экологий, сколько можно выделить групп во внутривидовой структуре человека. Только в каждом отдельном случае будет доминировать какой-либо аспект экосистемного представления мира и места в нем человека. Данная проблема, несомненно, требует более тщательного теоретического и методологического осмысления и выходит уже за рамки экологии, приобретая общенаучный характер.

Подходы к классификации природных объектов как экологических систем

Разобраться с практически бесконечным разнообразием реальных природных тел, процессов, явлений можно только проведя какую-нибудь их классификацию. Задача классификации составляет одну из фундаментальных проблем науки и в общем виде не решена до сих пор. Каждая наука решает ее по-своему. В биологии это классификация видов растений, животных, микроорганизмов; в географии — ландшафтов; в химии — элементов, молекул; в геологии — минералов и т.д. Трудности классификации экосистем обусловлены самой сутью этого понятия. Как уже отмечалось, другие науки имеют дело с природными образованиями, а экология — с одним из их отражений в мыслительной деятельности людей. Классифицировать приходится не сами объекты, а одну из их моделей. Методологическая неразработанность данного вопроса приводит к отсутствию общепринятой классификации экосистем.

Существующие подходы можно свести в три основные группы:

- морфологические (физиономические) классификации;
- факториальные классификации;
- функциональные классификации.

Морфологический подход к классификации экосистем основан на выделении чисто внешних признаков и позволяет создавать простые и наглядные схемы разнообразия природных объектов. Использование его в экологии приводит к подмене классификаций экосистем классификациями природных объектов. Ю.Одум дает следующую классификацию «основных типов природных экосистем и биомов биосферы»:

1. Наземные биомы: тундра, хвойные леса, листопадный лес умеренной зоны, степь, тропический лес и саванна, чаппараль и т.д.

2. Типы пресноводных экосистем: лентичные, или стоячие, воды — озера, пруды и т.д.; лотические (текучие) воды — реки, ручьи и т.д.; заболоченные угодья — болота, болотистые леса и т.д.

3. Типы морских экосистем: открытый океан (пелагическая зона), континентальный шельф (прибрежные воды),



Рис. 2.1. Классификация природных объектов
по морфологическому критерию

апвеллинг (зоны подъема воды), эстуарии (прибрежные бухты, проливы, устья рек, соленые марши и т.п.)¹.

Еще в начале 80-х гг. мною была сделана попытка разработать более подробную классификацию природных объектов, основанную на этом критерии и пригодную для нужд экологии (рис. 2.1).

Предложенная классификация интересна тем, что позволяет наглядно демонстрировать:

- различие в подходах к классификации наземных и водных природных образований: в наземных за основу берется растительность (фитоценоз в понимании В.Н.Сукачева), а в водных абиотическая компонента — вода;
- связь с классификациями в частных науках (лесоведение, болотоведение, луговедение и т.д.);
- всеохватность антропогенных образований (техносфера). Биосфера и техносфера формируются на одних и тех же природных образованиях.

¹ См.: Одум Ю. Экология. М., 1986. Т. 1. С. 188.

Анализ возможностей применения данного критерия для классификации именно экологических систем показал его бесперспективность, т.к. он по сути своей не может отражать взаимосвязь биоты и ее окружения. Более перспективными оказались факториальный и функциональный критерии.

В основе *факториального подхода к классификации природных объектов* лежит идея об определяющем значении в каждом месте Земли сочетания количества тепла и влаги, обеспечивающего проявление жизни. Наиболее известные классификации связаны с именами Л.Холдриджа, Р.Уиттекера, Ю.Н.Куражковского¹.

Привлекательность этих классификаций связана прежде всего с возможностью прогноза того типа растительности, который соответствует определенному сочетанию тепла и влаги.

Ботаник Л.Холдридж предложил классификацию, основанную на взаимодействии между температурой и количеством осадков. При ее построении он исходил из следующих соображений: количество осадков и температура определяют испаряемость (эвапотранспирацию); шкала осадков неравномерная, т.к. для аридных областей небольшой дождь (25 см) будет то же самое по своему влиянию, что для влажных областей 250 см; при построении температурной шкалы приняты некоторые биологические ограничения: биологическая активность прекращается при 0 °С, небольшие повышения температуры оказывают на живое более сильное воздействие в случае низких, чем в случае высоких температур. Отсюда выбранные границы температурных интервалов — 1,5 °С, 3 °С, 6 °С, 12 °С, 24 °С. В каждой зоне температура вдвое выше, чем в предыдущей. Такая шкала совместима с повышением скорости испарения и биологической активности (рис. 2.2).

Р.Н.Уиттекер положил в основу своей классификации распределение средних годовых температур и осадков по большому количеству измерений на земном шаре. Оказалось, что такая зависимость выражается в виде прямоугольного треугольника. Он вписал в этот треугольник основные типы наземных растительных сообществ (рис. 2.3).

¹ См., напр.: Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М., 1980; Куражковский Ю.Н. Периодическая система экологических условий суши. Ростов, 1976.

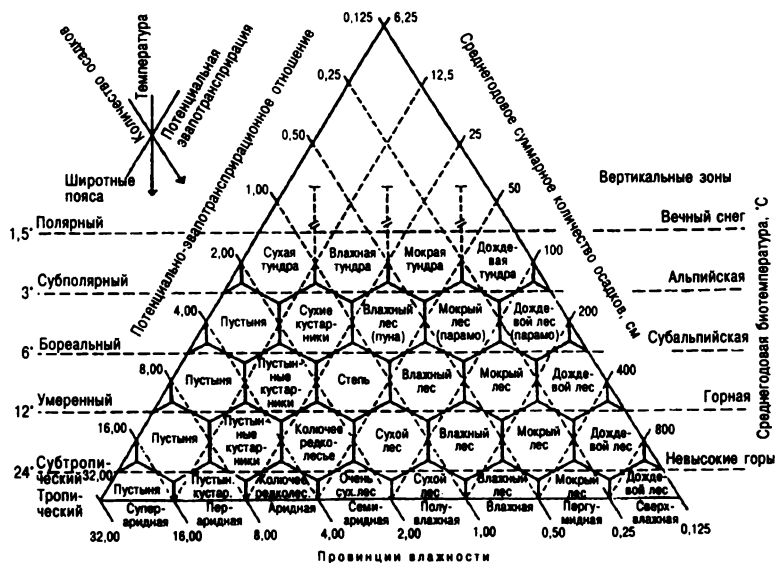


Рис. 2.2. Классификации природных объектов по Холдриджу

Наиболее удачной следует признать попытку Ю.Н.Куражковского. В основе его классификации лежит идея, выдвинутая в 1956 г. географами А.А.Григорьевым и М.И.Будыко о периодическом законе географической зональности. Закон основан на соотношениях радиационного баланса земной поверхности и индекса сухости (свет и влага). Но классификация этих авторов не получила распространения в экологии, т.к. не связывала изменение света и влаги с биотой. Ю.Н.Куражковский попытался создать периодическую систему экологических условий суши, связав количество тепла, влаги и типы растительности (табл. 2.3).

Этот вариант интересен для практических задач, т.к. позволяет для отдельных территорий, где непосредственно решаются экологические проблемы (страна, область, район, бассейн реки), составлять собственные периодические системы и по ним прогнозировать возможные изменения в окружающей среде.

Районирование земной поверхности: биогеохимическое, сельскохозяйственное, климатическое и т.п., можно рассматривать как некоторое разнообразие подходов в применении факториального критерия для классификации природных

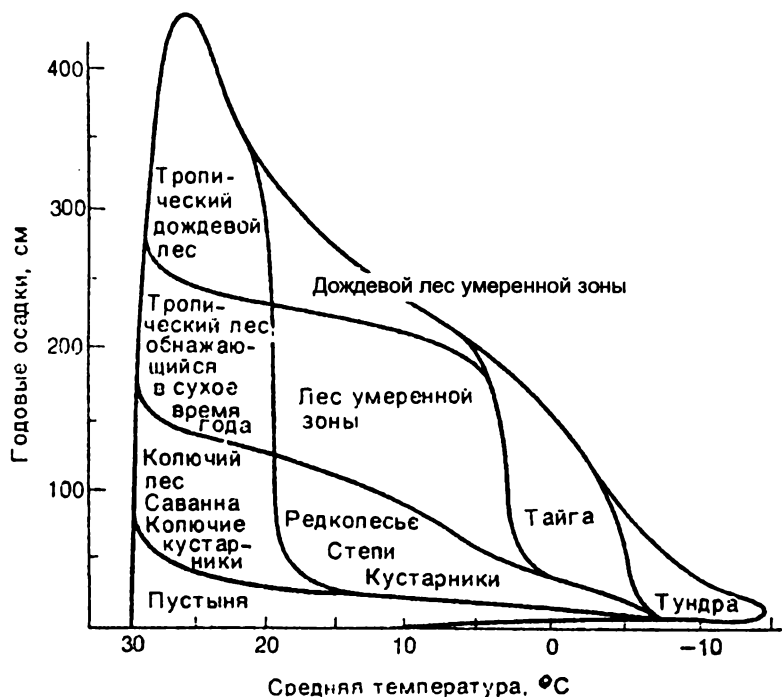


Рис. 2.3. Классификация по Уиттекеру

объектов, имеющих определенный интерес для экологии при решении конкретных задач. Рассмотрим в качестве примера биогеохимическое районирование. Разработка теоретических основ учения о биогеохимических провинциях связана с именем академика А.П.Виноградова. Его последователь В.В.Ковальский связал неравномерность распределения химических элементов в поверхностных слоях Земли с биологическими реакциями на эту ситуацию растений, животных, человека ¹.

В.В.Ковальский выделяет зональные и аazonальные провинции.

¹ См.: Ковальский В.В. Геохимическая экология. М., 1974.

Таблица 2.3. Периодическая система экологических условий суши

Тепловые пояса	Природные зоны и ландшафты (в скобках средние коэффициенты увлажнения)*						
	Ультрагумидные ($< 0,5$)	Аридные (0,4)	Субаридные (0,6)	Медизальные (1,0)	Субгумидные (1,4)	Гумидные (2,3)	Ультрагумидные ($> 3,0$)
Полярный	Полярные каменные пустыни	Накипнотышайниковые	Сухие моховолишайниковые водорослевые	Моховотравяные	Влажные мохововодорослевые	Снежно-дорослевые	Ледяные пустыни
Субполярный	Холодные пустыни	Холодные полупустыни	Сухие тундры	Кустарниковые тундры	Влажные тундры	Мокрые тундры	Тундровые болота
Умеренный	Пустыни	Полупустыни	Степи	Лесостепь	Светло-хвойно-лиственные леса	Темно-хвойно-лиственные леса	Переувлажненные луга
Субтропический	Пустыни	Полупустыни	Степи с кустарниками	Жестколиственные леса	Светлые леса	Влажные леса	Субтропические болота
Тропический	Пустыни	Полупустыни	Степные саванны	Лесные саванны	Светлые тропические леса	Влажные тропические леса	Экваториальные тропические болота

Примечание. В связи с наличием субполюсов и геологических вариаций земной поверхности, эта таблица не исчерпывает всех возможных вариаций геологических условий, но демонстрирует общую закономерность их изменений.

* Коэффициент увлажнения — отношение количества осадков к испарению

ЗОНАЛЬНЫЕ ПРОВИНЦИИ. В них комбинируются признаки природных зон по концентрациям и соотношениям химических элементов.

Таежно-лесной регион нечерноземной зоны. Реакции живых организмов определяются недостатком кальция, фосфора, калия, кобальта, меди, йода, бора; достатком марганца и цинка; относительным избытком стронция и выражаются в виде эндемичных анемий, гипо- и авитаминозов, нарушения синтеза гормонов щитовидной железы, эндемичного бесплодия, эндемичной урховской болезни.

Лесостепной, степной регион черноземной зоны. Реакции определяются достатком кальция, кобальта, меди, йода; недостатком калия, марганца, фосфора. Выражаются в увеличении щитовидной железы, эндемичного бесплодия, остеодистрофии крупного рогатого скота.

Сухостепной, полупустынный, пустынный регион. Реакции определяются повышенным содержанием сульфатов, часто бора, иногда молибдена; недостатком меди, марганца и выражаются в виде понижения активности окислительных ферментов; демиелинизации центральной нервной системы; нарушения координации движений; судорог; параличей; эндемичной атаксии; эндемичных энтеритов; часто пневмонии.

Горные районы. Реакции живого разнообразны и определяются изменчивой концентрацией и соотношением многих химических элементов.

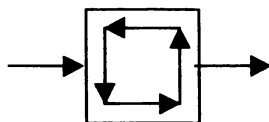
АЗОНАЛЬНЫЕ ПРОВИНЦИИ. Естественные и техногенные, несоответствующие характеристики регионов. Богатые кобальтом — задержка синтеза витаминов. Богатые йодом и марганцем — возможно усиление эндемичного зоба. Богатые свинцом — эндемичные заболевания нервной системы: цефалгии, миалгии, ишиалгии, гастралгии; гингивиты, гиперменоррея. Обогащенные молибденом — молибденовая подагра, молибденовый токсикоз. Избыток стронция и калия — рахит, хондриодистрофия. Обогащенные селеном — селеновые токсикозы. Неблагоприятное соотношение меди, кобальта, свинца. Обогащенные ураном — наблюдается адаптивное выделение урана из организма; у животных эндемичных заболеваний не обнаружено; отмечаются морфофизиологические изменения у растений. Избыток фтора — эндемичные флюорозы. Обогащенные медью — эндемичная анемия; гепатиты;

у животных возможен цирроз печени. Нарушен обмен кальция — эндемичная иктерогемоглобинурия. Богатые никелем, магнием, стронцием, бедные кобальтом, марганцем — эндемичная остео дистрофия. Богатые никелем — никелевая экзема, дерматиты. Обогащенные литием — тератологические изменения у растений. Обогащенные хромом — эндемичный хромовый токсикоз. Обогащенные марганцем — эндемичные болезни растений. Недостаток фтора — эндемичный кариес зубов. Недостаток цинка — эндемичный зимневесенний паракератоз крупного рогатого скота.

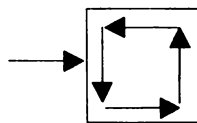
Функциональные классификации экологических систем. Идею использовать для классификации экосистем потоки энергии и вещества следует признать наиболее адекватной для экологии.

Геолог А.Г.Панфилов предложил выделить три основных типа экосистем, положив в основу судьбу вещества в природном объекте:

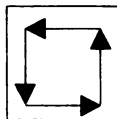
1.Транзитный тип



2. Аккумулятивный тип



3. Замкнутый тип



В предложенной классификации нетрудно узнать известные в термодинамике типы систем — изолированные, замкнутые, открытые.

Развивая эту идею, Ю.А.Исаков (1978) сделал попытку построить более сложную классификацию с выделением не только типов, но и классов, семейств, родов и видов экосистем. К признакам, характеризующим функционирование экосистем, автор относит следующие: общую биомассу, фитомассу, зоомассу; сезонную и многолетнюю динамику биомассы; соотношение надземной и подземной части; количество

поступающих и выносимых веществ из экосистемы как через биоту, так и абиотическим путем; скорость обновления компонентов биомассы; ежегодный прирост и опад; источник и качество энергии для экосистемы. Ему удалось выделить семь типов экосистем: транзитные, полуавтономные, автономные, аккумулятивные водные, аккумулятивные наземно-водные, аккумулятивные наземные с избытком солей, аккумулятивные наземные с недостатком солей; 17 классов и 30 семейств. Выделение типа основывается на пяти, класса — на четырех, семейства — на десяти признаках. Род отличается многими признаками, набор которых, видимо, не всегда сравним в разных семействах, а тем более классах и типах. Вид экосистемы, возможно, определяется растением-эдификатором. Дальнейшая разработка такого варианта классификации экосистем представляет определенный интерес.

Несколько иным путем пошел Ю.Одум. Им предложена классификация экосистем по источникам и уровню поступления энергии (табл. 2.4)¹.

Таблица 2.4. Классификация экосистем по источникам и уровню поступления энергии (по Ю. Одуму)

Тип экологической системы	Ежегодный приток энергии, ккал/м² *
Несубсидируемые природные, получающие энергию от Солнца	1000 — 10 000
Природные, движимые Солнцем, субсидированные другими естественными источниками	10 000 — 40 000
Движимые Солнцем и субсидированные человеком	10 000 — 40 000
Индустриально-городские, движимые топливом (ископаемым, другим органическим, ядерным)	100 000 — 3 000 000

* Средние значения, основанные на интуиции.

¹ См.: Одум Ю. Экология. М., Т. 1.

Каких-либо особых комментариев данная классификация не требует:

В заключение сформулируем основные положения, развитые в лекции:

1. Естественные науки занимаются изучением земных природных объектов, которые могут быть представлены в виде различных систем.

2. Принцип системности есть метод исследования природного объекта.

3. В экологии природный объект представляется в виде экологической системы, которая определяется как модель взаимосвязей живых организмов и окружающей их среды в рамках решения конкретной задачи. Границы экосистемы определяются условиями задачи.

4. Биота и окружающая ее среда должны быть представлены в экосистеме набором характеристик, соответствующих друг другу (пространственно-временная совместимость).

5. Общие закономерности взаимоотношений биоты с окружающей средой распространяются и на взаимодействие человека со своим окружением; экологические проблемы составляют саму суть существования человека, поэтому их нельзя решить раз и навсегда — необходимо постоянно решать их.

6. Экология не располагает в настоящее время собственными развитыми классификациями экологических систем. Она чаще пользуется разработанными в других областях знания, приспособляя их для своих целей.

Лекция 3. СРЕДА ОБИТАНИЯ, УСЛОВИЯ ЖИЗНИ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР

Приходится признать, что эколог — это нечто вроде дипломированного вольнодумца. Он самовольно бродит по законным владениям ботаника и зоолога, систематика, зоопсихолога, метеоролога, геолога, физика, химика и даже социолога. Он браконьерствует во всех названных и во многих других уже сложившихся и почтенных дисциплинах.

Э.Макфедьен

Все хорошо в меру,
но для каждого своя мера.

Понятие среды обитания, условий жизни, экологического фактора. Подходы к классификации экологических факторов. Экологический фактор как проявление связи между биотой и окружающей средой. Экологический фактор как воздействие. Способы воздействий. Правило лимитирующего действия фактора.

Окружающая среда в экологии определяется через понятия среды обитания, условий жизни, экологического фактора.

Среда обитания

В этот термин вкладывают по меньшей мере три значения¹:

1. Пространство, окружающее живые организмы. Оно может быть выражено в вещественной, энергетической, информационной форме.
2. Природные тела, процессы, явления, с которыми живое находится в прямых или косвенных взаимоотношениях.
3. Совокупность природных, природно-антропогенных, социальных и духовных сфер жизни человека.

¹ См.: Реймерс Н.Ф. Природопользование. М., 1990.

Первое значение является самым общим, а два других фактически конкретизируют его для нужд экологии и отдельного вида — человека. Можно только несколько уточнить сферу применения этого понятия в экологии. Чаше всего оно употребляется для определения фазового состояния окружающего пространства. Например: вода — среда обитания водных организмов; почва — среда обитания почвенных организмов. Фактически это первый шаг в детализации самого общего представления: планета Земля — среда обитания живой материи.

Условия жизни

Данный термин оттеняет другую сторону окружающего живые организмы пространства. Когда говорят об аэробных и анаэробных, почвенных, климатических, экстремальных, природных, социальных, биологических, политических, физических и т.п. условиях жизни, то есть подчеркивается их функциональная особенность, направление воздействия в данный момент. Можно сказать, что понятие отражает временной аспект общего пространства-времени, окружающего живые организмы.

В конкретных задачах среда обитания и условия жизни всегда выражаются в виде набора каких-либо количественных и качественных показателей, определяемых как факторы.

Экологический фактор

Понятие фактора не принадлежит одной экологии. Она использует его, придавая соответствующую окраску.

Наиболее общее представление разработано в математике, где *фактор есть выражение корреляции между векторными переменными* и определяется как косинус угла между ними. Корреляция позволяет судить о силе и направлении взаимной зависимости выбранных характеристик (переменных). Сила связи меняется во времени по синусоиде от +1 до -1. Положительная корреляция означает, что выбранные переменные меняются в одном направлении, отрицательная — в противоположных, а при нулевой можно говорить о их независимости.

В других науках фактор рассматривается как движущая сила процессов или условие, влияющее на них; существенное обстоятельство в каком-либо процессе или явлении.

Экология имеет дело с переменными, характеризующими живое и его окружение. В одних случаях движущей силой является живая компонента, в других — окружающая его среда. Поэтому переменные, рассматриваемые как воздействие, могут меняться местами в зависимости от решаемых задач. Например, при изучении влияния климата на распространение лесной растительности как воздействие будут рассматриваться характеристики климата и, наоборот, при исследовании роли леса в формировании климатических процессов движущей силой будут выступать характеристики лесной растительности. Поэтому в экологии фактор может быть определен следующим образом:

Экологический фактор есть выражение корреляции между переменными, выступающими как характеристики биоты и окружающей среды.

Фактор как движущая сила процессов (условие, влияющее на них, существенное обстоятельство, воздействие) является частным выражением этой корреляции в конкретных задачах. Поэтому физические, химические, биологические, социальные и т.д. воздействия, рассматриваемые в рамках конкретной экологической системы, всегда выступают как экологические.

Иногда используют понятие элементарного экологического фактора. Под ним понимается любое воздействие, оказывающее прямое влияние.

Подходы к классификации экологических факторов

Существует довольно большое количество попыток классификации факторов. В большинстве случаев они построены на принципе антиномий и, строго говоря, не имеют отношения к классификации. Обычно выделяют следующие факторы: биотические — абиотические, внутренние — внешние, прямо действующие — косвенно действующие, космические — земные, элементарные — комплексные, природные — антропогенные и т.д.

Использовать идею адаптации, т.е. определенной корреляции между живым и средой его обитания, для классификации экологических факторов предложил А.С.Мончадский¹.

Данный подход точно соответствует сути экологии и ее основного понятия. В рамках этой идеи выделяют следующие факторы:

1. *Первичные периодические факторы.* Им свойственна правильная периодичность: суточная, сезонная, годовая как прямое следствие положения Земли в структуре Солнечной системы и Космоса. Определяющим для живого являются периодические изменения прихода солнечной радиации на тот или иной участок земной поверхности. Адаптация живого к этой группе воздействий имеется везде, куда проникает солнечный свет. В глубоководных и подземных местообитаниях такой адаптации не наблюдается. Конечная ответная реакция живых организмов на эту группу воздействий заключается в изменении ареалов.

2. *Вторичные периодические факторы.* На Земле солнечный луч встречается с большим разнообразием поверхностей: вода и суша, склоны гор разной экспозиции и крутизны, лесная и луговая растительность, пашни, пустыни, снег и т.д., что приводит к различной его трансформации в каждом конкретном месте. Следствием является различная температура воды и воздуха, меняющаяся влажность воздуха, содержание газов в воде и т.д. Живое отвечает на это различными морфофизиологическими, поведенческими и другими изменениями. Конечный итог выражается в неравномерном распределении живого по поверхности Земли. Именно эти воздействия обуславливают конкретные условия существования живых организмов.

3. *Непериодические факторы.* Они существуют всегда, но проявляются без какой-либо периодичности. К ним относятся явления, получившие название стихийных: грозы, землетрясения, пожары, извержения вулканов и т.п. Живое не имеет адаптивных реакций на такие воздействия.

¹ См.: Мончадский А.С. Классификация факторов окружающей среды / Зоол. журн. 1958. Т. 37. Вып. 5. С. 680–690.

Деятельность человека рассматривается в экологии как *антропогенное (антропическое) воздействие*. И.П.Лаптев сделал наиболее существенную попытку его определить и классифицировать¹. Данное им определение формулируется следующим образом:

Порожденные деятельностью человека тела, вещества, процессы и явления, воздействующие на природу совместно с естественными, называются антропогенными факторами.

Воздействие человека предлагается классифицировать по следующим признакам:

- природе (механические, физические, химические, биологические и т.д.);
- общим особенностям (первичные, вторичные);
- времени происхождения и действия (произведенные в прошлом и в настоящее время);
- длительности действия;
- способности накапливаться;
- способности к миграции;
- масштабам охватываемого пространства;
- стойкости вызываемых изменений;
- видам деятельности человека и т.д.

Видимо, можно согласиться с предложенным определением антропогенного фактора как наиболее общего, а в классификации лучше использовать идею А.С.Мончадского. Какие бы оттенки воздействия человека на окружающий мир мы ни стремились включить в классификацию, всегда есть опасность что-нибудь не учесть. В то же время можно совершенно точно сказать, что любые воздействия человека на окружающий мир могут иметь периодический или случайный (непериодический) характер. В зависимости от размера охватываемого воздействием человека пространства, включающего живую и неживую компоненты, ответная реакция оценивается по состоянию живой компоненты этого пространства и выражается в виде изменения: ареалов видов, численности живых организмов в конкретном местообитании, нормы реакции различных органов и функций.

¹ См.: *Лаптев И.П.* Теоретические основы охраны природы. Томск, 1975.

Ответная реакция самого человека на действия, производимые им в окружающем мире, проявляется в виде увеличения или уменьшения заболеваний (смертности), а в конечном итоге изменения сроков продолжительности жизни, что и отражается в степени заселенности той или иной территории.

Правила действия экологических факторов

При всем разнообразии природных и антропогенных воздействий — физических, химических, биологических, социальных, экономических и т.п. — оказывать свое влияние они могут тремя основными способами: периодически, ступенчато, импульсно.

Повторяемость процессов в окружающей среде и соответствующие изменения ответных реакций живого дает надежную основу для прогнозирования. Можно сказать, что точность экологических прогнозов определяется степенью синхронизации периодичности воздействия и ответной реакции живого.

Ступенчатая и импульсная формы воздействия являются главными «нарушителями» процесса синхронизации. Внезапность изменения одной переменной и невозможность такой же мгновенной ответной реакции, регистрируемой по другой переменной, приводят к необходимости выделения некоторого промежутка времени, в течение которого происходит процесс усвоения и переработки воздействия. Он носит название переходного периода. Это время смены принципов, на которых строятся взаимосвязи между живыми организмами и их окружением, осуществляется выбор пути становления и дальнейшего развития. В переходный период в полной мере проявляется действие принципа временной независимости, а правило лимитирующего действия фактора перестает действовать.

Разнообразие проявлений внешней среды создает впечатление, что живое отвечает таким же разнообразием ответных реакций. Обычно под этим понимаются ответные реакции разных уровней иерархии: биохимического, генетического, физиологического, морфологического, поведенческого, популяционного, биоценозного. Поэтому это есть разнообразия иерархии строения, а не разнообразия ответа. Общий

же характер ответной реакции для каждой ступени иерархии однотипен и выражается, по образному выражению Ю.Н.Куражковского, «премудрой кривой» (рис. 3.1).

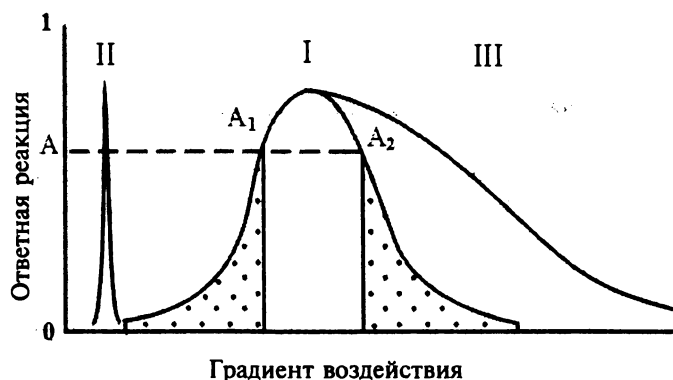


Рис. 3.1. Графическое выражение ответной реакции одной переменной при возрастающем действии другой:
+1 — теоретический (идеальный) ответ;
II, III — предельные, реальные случаи ответа.

Анализ теоретического (идеального) изменения одной переменной при возрастающем действии другой позволяет сделать некоторые заключения:

1. Ответная реакция нелинейна.

2. Существует диапазон выносливости изменений одной переменной при бесконечном увеличении действия другой. В случае если ответная реакция измеряется по живой компоненте, вводится понятие пределов выносливости (толерантности). Для характеристики широты диапазона применяются термины: стено- (узкий) и эври- (широкий). Например, по отношению к температуре — стено-термный и эвритермный; к комплексу воздействий — стенобионтный и эврибионтный и т.п.

3. Один и тот же ответ можно получить на разном фоне воздействия. Поэтому небольшое повышение воздействия в одном случае приведет к увеличению ответа (рис. 3.1, кривая I, точка A_1), в другом к его уменьшению (рис. 3.1, кривая I, точка A_2). Понимание этой особенности ответной реакции

важно при разработке различных норм (ПДК, ПДВ и др.), т.к. мозаичность природных условий на поверхности Земли создает исходно неодинаковый фон и поэтому, строго говоря, предельно допустимые концентрации и выбросы должны быть свои для каждой конкретной территории.

4. Существует диапазон изменений одной переменной, при котором другая дает предельный ответ (рис. 3.1, незаштрихованная область). Этот диапазон рассматривается в экологии как зона оптимальности.

5. Как недостаток, так и избыток воздействия снижает уровень ответа, что является одним из основополагающих обобщений в экологии, известным как правило лимитирующего действия фактора (рис. 3.1, заштрихованная область).

Следует отметить, что оно справедливо как для анализа одного воздействия, так и для рассмотрения совокупности воздействий. В последнем случае лимитирующим будет выступать тот фактор, который находится в минимуме, хотя других будет достаточно (закон минимума Ю.Либиha), или же тот, которого будет слишком много. Проблема загрязнений отдельных территорий связана с избыточным накоплением, а следовательно, и угнетающим воздействием на живое различных химических соединений.

При применении этого правила в практических задачах необходимо иметь в виду следующее:

— В переходный период определить лимитирующий фактор невозможно, т.к. в этот момент происходит разрыв связей и отдельные компоненты (блоки, части) ведут себя достаточно автономно. Проявляется действие принципа временной независимости. По мере восстановления прежних связей или формирования новых начинает опять проявляться правило лимитирующего действия фактора. Другими словами — правило лимитирующего действия фактора есть правило стационарного состояния процессов.

— Воздействия взаимодействуют, т.е. кроме корреляции между живым и его окружением существует еще проблема взаимодействия как внутри живого (например, внутри- и межвидовые отношения), так и в окружающей среде (взаимодействие света, тепла, влаги, содержания газов и т.д.). Именно эта особенность привела к необходимости выделения элементарного экологического фактора (см. выше).

— Другой аспект данного явления — возможность частичной замены одного воздействия на другое. Например, при засухе можно уменьшить количество необходимой для полива воды внесением больших количеств азотных удобрений. На практике это означает появление новых проблем, решение которых может потребовать еще больших усилий. Невозможность выделить в чистом виде независимые воздействия приводит к проблеме комплексного описания взаимодействий. Она не сводится к простому увеличению числа выделяемых аспектов, т.к. неясно, происходит при этом слияние свойств и выявление нового или их простое увеличение (скручивание), ведущее к увеличению сведений о корреляциях, но новые свойства не проявляются. Одно из решений этой задачи состоит в рассмотрении проблемы комплексности как проблемы иерархии взаимодействий.

Основная ценность правила лимитирующего действия факторов состоит в том, что появляется возможность представлять взаимоотношения живых организмов и среды с позиции «узких мест». Поиск таких узких мест в конкретных природных условиях составляет одну из главных исследовательских задач теоретической экологии. Накопленные к настоящему времени сведения позволяют сформулировать некоторые обобщения, которые могут быть полезны при решении конкретных проблем. Так, если вид обладает широким диапазоном выносливости к мало меняющимся воздействиям, то вряд ли они станут лимитирующими, и, наоборот, если известно, что вид обладает узким диапазоном выносливости к какому-нибудь сильно изменчивому воздействию, то оно, вероятнее всего, и будет лимитирующим. Главное внимание следует уделять тем воздействиям, которые «функционально важны» в рамках решения конкретной задачи.

Наблюдения и анализ экологических взаимосвязей в природе показали, что в отношении живых организмов это правило может быть дополнено рядом положений:

- организмы могут иметь широкий диапазон выносливости в отношении одного воздействия и узкий в отношении другого (неравноценность факторов);

- организмы с широким диапазоном выносливости ко многим воздействиям обычно широко распространены

(космополиты), и, наоборот, с узким диапазоном — имеют небольшой ареал (реликты, эндемы);

— если условия по одному воздействию не оптимальны, то может измениться и диапазон выносливости к другим воздействиям (экологический и физиологический оптимумы);

— период размножения является обычно критическим. Многие воздействия становятся лимитирующими именно в это время.

6. Симметричность ответной реакции возможна только теоретически. Наиболее близкое приближение к ней происходит при периодическом воздействии. Ступенчатое и импульсное воздействия достаточно сильно изменяют характеристики как левой, так и правой части «премудрой» кривой (рис. 3.1, кривая III). Наиболее сильному изменению подвергается правая часть этой зависимости, т.к. после достижения предельного ответа возможно установление на этом уровне нового стационарного состояния взаимосвязей, полное их уничтожение (смерть), а также проявление всего разнообразия ответов между этими крайними вариантами.

Другой крайний вариант ответа (рис. 3.1, кривая II) является выражением известного в физиологии нервной системы закона «все или ничего». В природных условиях подобную ответную реакцию можно наблюдать при внезапном сползании склона горы, полном, облавном уничтожении животных, при применении больших доз ядохимикатов и т.п.

В заключение сформулируем основные положения, развиваемые в лекции:

1. Для характеристики окружающей живые организмы среды в экологии используются такие понятия, как «среда обитания», «условия жизни», «экологический фактор». Понятие «среда обитания» отражает фазовое состояние пространства, окружающего живые организмы; «условия жизни» — функциональное назначение, направленность действия, временной аспект этого пространства; «экологический фактор» — количественные и качественные характеристики взаимосвязи живого со своим окружением.

2. Понятие фактора не принадлежит только экологии. Наиболее общие представления разработаны в математике, где фактор есть выражение корреляции между векторными

переменными. Экологический фактор есть выражение корреляции между живым и его окружением. Физические, химические, биологические, экономические, социальные и т.п. воздействия в рамках экосистемы рассматриваются как экологические факторы.

3. Наиболее соответствует задачам экологии подход к классификации воздействий, предложенный А.С.Мончадским, т.к. он основан на выявлении корреляций между живым и его окружением.

4. Общий характер изменения одной переменной при возрастающем действии другой позволяет сформулировать ряд положений по взаимосвязи живого и его окружения:

- ответная реакция нелинейна;
- выделяется диапазон выносливости и зона оптимальности по одной переменной при увеличении действия другой;
- один и тот же ответ можно получить при разном исходном фоне;
- как недостаток, так и избыток воздействия снижает уровень ответной реакции (правило лимитирующего действия фактора);
- симметричность ответной реакции возможна только теоретически. Наиболее сильному изменению в реальных ситуациях подвергается правая часть «премудрой» кривой.

Лекция 4. ЭНЕРГИЯ И ВЕЩЕСТВО В РАМКАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Поскольку мы не в состоянии дать общее определение энергии, закон сохранения энергии следует рассматривать как указание на то, что существует нечто, остающееся постоянным в любом физическом процессе.

Анри Пуанкаре

Энергия как мера взаимодействия природных тел, процессов, явлений. Основные типы взаимодействий. Баланс солнечной энергии на Земле. Судьба солнечной энергии в биотической и абиотической компонентах экосистемы. Круговороты вещества — «ловушки» для энергии на Земле.

Энергия является атрибутом материальных тел, процессов, явлений. По своему значению она находится в одном ряду с такими категориями отношений и свойств материальных вещей, как пространство, время, движение, масса, информация. В сущностном плане энергия рассматривается как мера взаимодействия природных тел, процессов, явлений, а в деятельностном аспекте она определяется как способность материальных тел совершать работу.

В настоящее время выделяют четыре типа основных энергетических взаимодействий: гравитационное, электромагнитное, сильное, слабое. Два последних охватывают область микромира и не представляют в настоящий момент интереса для экологии. Гравитационные и электромагнитные взаимодействия являются основными в области макротел.

Гравитационные взаимодействия (силы) являются универсальными. В физике их еще называют консервативными, или центральными. Все, что имеет массу, а она присуща любому виду материи, должно испытывать гравитационное взаимодействие. Величина его зависит от массы, пропорциональна ей и не зависит от пути перемещения. Сила взаимодействия убывает обратно пропорционально квадрату расстояния между взаимодействующими массами. Два человека на расстоянии один метр притягиваются друг к другу с силой в 0,03 мг, а Земля

и Луна в 10^{15} т. Это дальнедействующие силы. Для экологии они интересны тем, что связывают живое и его окружение в единое целое и во многом определяют симметрию природных образований. Атмосфера, гидросфера, литосфера, биосфера выступают как единое целое благодаря именно этим силам. Они структурируют, организуют весь мир, включая и живые организмы. Все известные типы структурной симметрии — шаровая, эллипсоидная, радиальная, спиральная, билатеральная, неправильная — реализуются в Космосе и на Земле, в том числе и в формах живых организмов.

Электромагнитные излучения весьма разнообразны, что подчеркивается самим названием. Для экологических взаимодействий основным является электромагнитное излучение Солнца. Его количество, приходящее на верхнюю границу атмосферы, постоянно и определяется положением Земли в Солнечной системе. Солнечная постоянная ($8,29 \text{ Дж/см}^2 \text{ мин}$) является исходным моментом в оценке всех процессов взаимосвязи живого со своим окружением. Первичное распределение и последующие перераспределения солнечной энергии между живым и его окружением составляют основу экологических взаимодействий. Природные экологические катастрофы и особенно кризисы в значительной мере определяются изменениями в потоках солнечной энергии на Земле.

Представление о связи между живыми организмами и солнечным излучением возникло на ранних стадиях становления человечества. Мифы, легенды, сказки, предания отражают эту идею у всех народов Земли. Изобретение телескопа положило начало детальному изучению Солнца.

В начале 20-х гг. XX в. А.Л.Чижевский собрал и научно обработал большое количество данных о связях между состоянием Солнца и живыми организмами. В качестве примера приведу данные из его книги «Земное эхо солнечных бурь» (рис. 4.1)¹.

Земля как нагретое тело создает второй поток электромагнитного излучения, имеющий значение для экологических взаимодействий.

¹ См.: *Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. М., 1976.

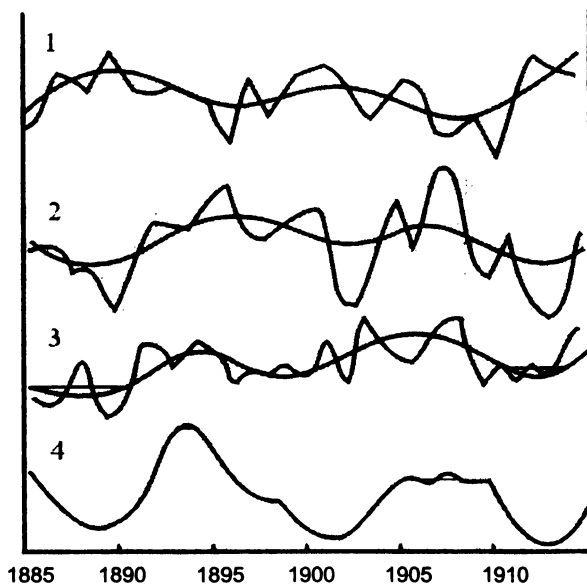


Рис. 4.1. Корреляции между числом солнечных пятен и некоторыми процессами на Земле: 1 – урожай ржи в Московской губернии; 2 – время прилета жаворонков в Московской губернии; 3 – продолжительность стойлового содержания скота в Московской губернии (по Б.С.Ястремскому); 4 – число солнечных пятен

Человек, осуществляя свою перерабатывающую функцию, формирует третий поток, который в экологии часто называют энергетической субсидией.

Баланс солнечной энергии на Земле

Поверхности Земли достигает около двух третей солнечной энергии от той, что приходит на верхнюю границу атмосферы. В ясный день солнечный свет, достигающий поверхности Земли, состоит примерно из 10% ультрафиолета, 45% инфракрасного излучения и 45% видимого света.

Степень ослабления электромагнитных излучений Солнца в атмосфере нелинейна и зависит от длины волны (рис. 4.2).

Ультрафиолет с длиной волны меньше 300 мкм почти не проходит через озоновый экран; видимый свет ослабляется

относительно равномерно; инфракрасное излучение поглощается избирательно в разных длинах волн, что связано с наличием в атмосфере термодинамически активных примесей (ТАПов) и проявляется в парниковом эффекте. Важнейшими из них являются водяные пары, углекислый газ, озон, взвешенные частицы (аэрозоли). На рис. 4.2 видно, что помимо оптического «окна», расположенного в интервале 2900—2400 Å, атмосфера прозрачна также для радиоволнового излучения в интервале длин волн от 1 см до 20 м. Излучение в остальных участках спектра полностью или почти полностью поглощается в атмосфере Земли.

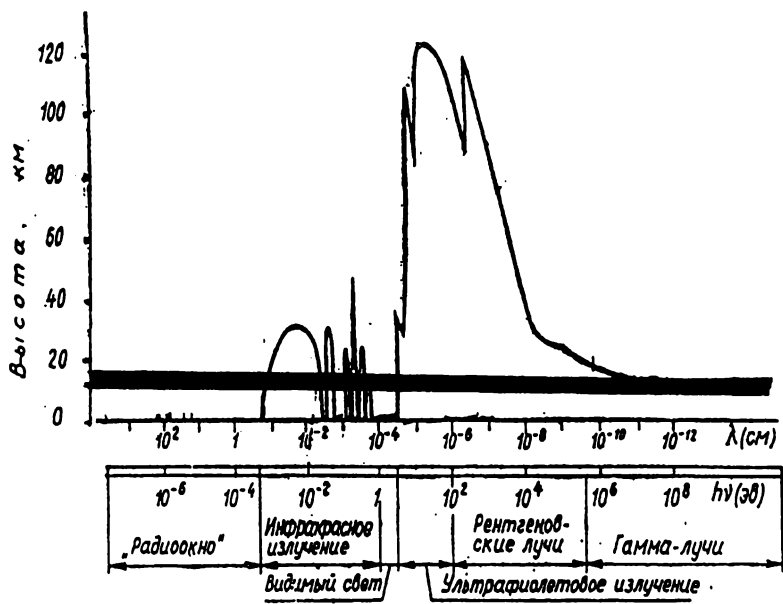


Рис. 4.2. Электромагнитные излучения Космоса, достигающие поверхности Земли. Кривая соответствует ослаблению падающего излучения в 10 раз.
Черная полоса — зона озоновых слоев

Воды в атмосфере содержится около 12,4 трлн т, что эквивалентно слою осажденной воды в 24 мм. Среднее годовое количество испарения и осадков примерно 780 мм, и поэтому водяной пар обновляется в атмосфере 32 раза в год, или каждые 11 дней. Водяной пар способен конденсироваться

или сублимироваться на имеющихся в атмосфере частичках (аэрозолях), образуя туманы, облака с выделением большого количества скрытого тепла. Поэтому пар и особенно облачность резко влияют на потоки коротковолнового и длинноволнового излучения в атмосфере, внося самый большой вклад в парниковый эффект, т.е. способность атмосферы пропускать солнечную энергию до поверхности Земли и поглощать тепловое излучение подстилающей поверхности и нижних слоев атмосферы.

Благодаря этому наиболее высокая температура создается у поверхности Земли. Образование осадков и их выпадение происходит быстрее, чем испарение, вследствие чего атмосфера в целом далека от насыщения водяным паром, несмотря на то, что две трети ее нижней границы образованы поверхностью воды.

Озон в атмосфере содержится в переменных количествах, порядка одной миллионной доли, в основном на высотах 10–30 км, где он образуется под действием ультрафиолета из молекулярного кислорода в результате фотохимических процессов. Относительно большие (10–30%) в течение суток естественные колебания атмосферного озона затрудняют выявление тенденций его изменения. Последствием этих процессов являются колебания падающей на поверхность Земли биологически активной ультрафиолетовой радиации.

Исследования на более чем 100 видах растений в контролируемых условиях (вегетационные камеры) показали, что около 20% видов достаточно чувствительны к обычным дневным дозам ультрафиолета, у 60% отмечается умеренная чувствительность, а остальные 20% обладают резистентностью даже к четырехкратному увеличению дозы. Эксперименты с мышами показали, что ультрафиолетовая радиация снижает способность животных к отторжению УФ-индуцированной опухоли и усиливает предрасположение к появлению первичных опухолей.

Аэрозоли рассеивают солнечную радиацию, способствуют конденсации воды и тем самым усиливают нагрев атмосферы.

Углекислый газ поглощает инфракрасные лучи, как и водяные пары, внося тем самым свой вклад в парниковый эффект.

Полное излучение Солнца и неба представляет сумму прямого и рассеянного света. Интенсивность полного излучения

максимальна в условиях слабой облачности, не закрывающей солнечного диска, и падает с увеличением облачности за счет ослабления прямого излучения. Количество прямого излучения зависит от степени ослабления его в атмосфере, от угла падения лучей и от облачности.

Рассеянное излучение есть результат взаимодействия прямого излучения с водяными парами, пылью и молекулами содержащихся в атмосфере газов. В пасмурные дни со сплошной облачностью этот вид излучения становится единственным. Интенсивность рассеянного излучения зависит от высоты Солнца, степени прозрачности атмосферы, отражательной способности территории. Доля его наиболее высока зимой. По спектральному составу рассеянный свет несколько отличается от прямого: в области видимого участка спектра появляются максимумы при 450 и 420 нм и минимум при 430 нм; несколько повышается доля ультрафиолета. Рассеянный свет почти полностью поляризован, а имеющиеся экспериментальные данные позволяют считать такой свет достаточно мощным стимулятором роста и развития растений.

Мерой отраженного излучения является альбедо, определяемое как отношение отраженного к падающему. Его обычно выражают в процентах от падающего. Величина зависит от характера поверхности (табл. 4.1).

Таблица 4.1. Альбедо некоторых поверхностей Земли

Поверхность	Альбедо, %
Чистый сухой песок	90 – 95
Влажный, сырой, талый снег	40 – 50
Песок желтый	35
Глина влажная	16
Паровое сухое поле	8 – 12
Паровое влажное поле	5
Злаки в первой фазе развития	20
Злаки в период созревания	25
Заросли кустарников	10
Сплошной растительный покров	10 – 25

Другой фактор, определяющий альбедо,— состав излучения. Многие природные тела ведут себя как «серое» тело, т.е. осуществляют выборочное отражение и поглощение излучения определенных длин волн. Например, зеленый лист поглощает полностью ультрафиолет, в видимой области отражает главным образом зеленые лучи, почти полностью отражает инфракрасное излучение.

Общий баланс солнечной энергии на Земле может быть представлен следующим образом (в %):

Приход:	— 100
Расход:	
Отражается	— 30
Прямо превращается в тепло	— 46
Затрачивается на испарение, осадки	— 23
Расходуется на образование ветра, волн, течений	— 0,2
На процесс фотосинтеза	— 0,8

Приведенный баланс показывает, что основная масса солнечного излучения поступает в абиотическую компоненту и тратится на обеспечение положительной среднепланетарной температуры, которая в настоящее время составляет $+15,3^{\circ}\text{C}$ на высоте один метр над поверхностью земли и $+17,4^{\circ}\text{C}$ в поверхностном метровом слое океана.

Действия человека, связанные с усилением использования солнечной энергии (гелиоэлектростанции), крупномасштабным перераспределением вод суши (осушительная и обводнительная мелиорация больших территорий, создание водохранилищ, «переброска» вод северных рек на юг и т.п.), увеличением расхода солнечной энергии на интенсификацию процесса фотосинтеза на разных уровнях его организации («зеленая» революция) и т.д., могут внести значительный вклад в естественный ход изменения расходной части баланса, способствуя тем самым ускорению проявления экологических катаклизмов. В этом плане, представление о солнечной энергии как экологически чистой выглядит несколько иначе. Подробнее данные аспекты будут рассмотрены в цикле лекций, посвященном проблеме природопользования.

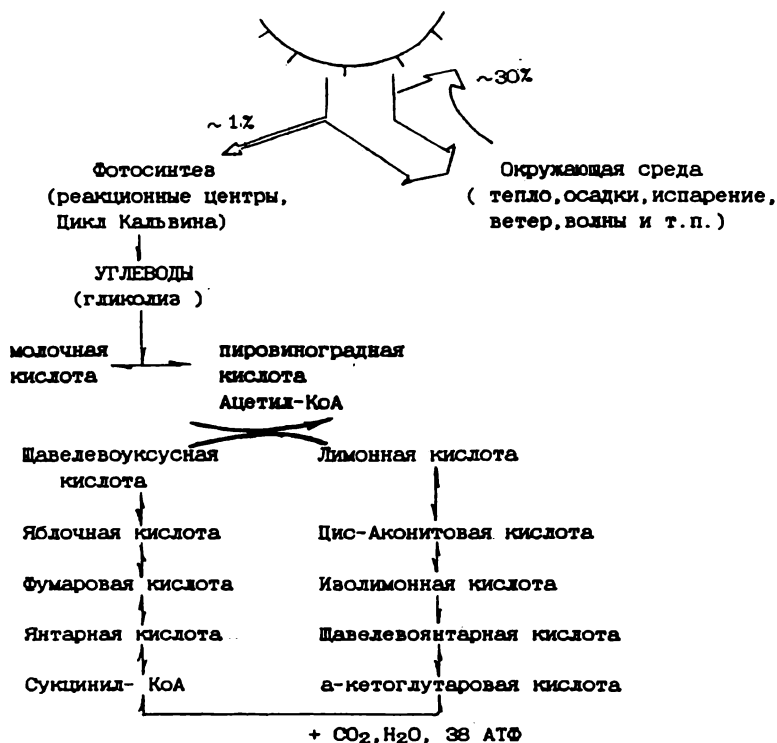


Рис. 4.3. Схема превращения солнечной энергии в биоте

В биотическую компоненту солнечная энергия поступает через процесс фотосинтеза, протекающий в зеленом листе, где и происходит превращение электромагнитного излучения Солнца в энергию химических связей (рис. 4.3).

Процесс начинается в реакционных центрах, состоящих из молекул хлорофилла. Здесь происходит образование первичных окислителя и восстановителя, которые затем инициируют цепь последовательных окислительно-восстановительных реакций, и в итоге солнечная энергия оказывается запасенной в химических связях таких соединений, как АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) и НАДФ.Н₂ (никотинамидадениннуклеотидфосфат). В дальнейшем эти соединения используются в цикле фиксации углекислого газа и превращения углерода в углеводы (цикл Кальвина). Образовавшиеся сахара служат

источником энергии во всех клетках живых организмов и как субстрат для получения других органических веществ.

Основной путь преобразования сахаров, главным образом глюкозы, — гликолиз.

Гликолиз — ферментативный анаэробный процесс негидролитического распада углеводов до молочной кислоты. Обеспечивает клетку энергией в условиях недостаточного снабжения кислородом у анаэробных организмов, а в аэробных условиях является стадией, предшествующей окончательному распаду углеводов до углекислого газа и воды в цикле трикарбоновых кислот (цикл Кребса). Распад одной молекулы глюкозы по гликолитическому пути дает две молекулы молочной кислоты и «заряжает» две молекулы АТФ, что составляет около 5% всей энергии, которая может быть получена при полном окислении. В гликолиз могут вовлекаться и другие сахара.

Цикл Кребса (цикл органических кислот) является общим заключительным этапом окислительного распада продуктов обмена углеводов, жиров, белков до углекислого газа и воды. Это основной источник энергии, обеспечивающий клеточные процессы и поставляющий органические вещества для биосинтетических реакций. Осуществляется в клеточных структурах — митохондриях. Цикл начинается с образования лимонной кислоты и заканчивается образованием щавелевоуксусной, двух молекул углекислого газа и 36 молекул АТФ. Промежуточные продукты цикла являются субстратами для других путей обмена веществ.

На макроуровне для характеристики процессов превращения солнечной энергии используется такое понятие, как продуктивность живых организмов.

Скорость образования органического вещества в единицу времени на единицу площади или объема определяется как продуктивность живых организмов.

Различают валовую и чистую, первичную и вторичную продуктивность.

Валовая продуктивность — скорость образования органического вещества в единицу времени на единицу площади или объема с учетом всех расходов на собственные нужды.

Чистая продуктивность — скорость образования органического вещества в единицу времени на единицу площади или объема за вычетом всех расходов на собственные нужды.

**Таблица 4.2. Первичная и вторичная продуктивность
основных природных образований земной поверхности**

Природные образования	Чистая продуктивность, г/м ² год		Вторичная продуктив- ность, 10 ⁴ т/год
	размах	среднее	
Влажные тропические леса	1000 — 3500	2200	260
Тропические сезонно зеленые леса	1000 — 2500	1800	72
Вечнозеленые леса умеренного пояса	600 — 2500	1300	26
Листопадные леса умеренного пояса	600 — 2500	1200	42
Тайга	400 — 3000	800	38
Кустарниковые сообщества	250 — 1200	700	30
Саванна	200 — 2000	900	300
Луга, степи	200 — 1500	600	80
Тундра, высокогорье	10 — 400	140	3
Пустыни, полупустыни	10 — 250	90	7
Скалы, пески, ледники	0 — 10	3	0,02
Культурные земли	100 — 3500	650	9
Болота	800 — 3500	2000	32
Озера, реки	100 — 1500	250	10
Открытый океан	2 — 400	125	2500
Зоны апвеллинга	400 — 1000	500	11
Континентальный шельф	200 — 600	360	430
Рифы, заросли водорослей	500 — 4000	2500	36
Эстуарии	200 — 3500	1500	48

Скорость образования органического вещества автотрофными организмами носит название *первичной*, а гетеротрофными — *вторичной*.

С 1964 по 1974 гг. мировым сообществом ученых была реализована Международная биологическая программа (МБП), цель которой состояла в определении продуктивности различных природных образований: лесов, лугов, болот, морей и т.д. В результате получены сведения о естественных возможностях живого покрова нашей планеты создавать органическое вещество. Оказалось, что средняя чистая продуктивность Земли невелика и составляет $333 \text{ г/м}^2 \text{ год}$ (табл. 4.2).

Невысокая средняя продуктивность биоты есть проявление общесистемного правила, гласящего, что энергетическая стоимость поддержания структуры зависит от ее размеров. В рамках экосистемной парадигмы его можно сформулировать следующим образом:

По мере увеличения размеров и сложности экологической системы растет та доля валовой продукции, которую надо расходовать на процессы самоподдержания системы, и падает та доля, которая может идти на дальнейшее увеличение размеров.

Когда уравнивается приход и расход энергии, рост системы прекращается. Количество живого вещества, которое может поддерживаться в этих условиях, называется *максимальной поддерживающей емкостью среды*. По экспертным оценкам, оптимальная емкость для всей Земли, способная сохраняться длительное время, ниже максимальной, возможно, на 50%.

В ходе работ по программе выяснилось, что доля валовой продукции, переходящей в чистую, зависит от широты местности и меняется от 40% в зоне экватора до 75% в высоких широтах.

Поток энергии, идущей от Земли как нагретого тела, составляет около 0,5% солнечного излучения. Он образуется:

- из прямого нагрева Земли солнечным потоком;
- выделением тепла при гравитационном сжатии;
- за счет радиоактивного распада элементов;
- выделением тепла в результате сухого трения слоев Земли.

В жаркий летний день количество тепла от Земли может быть таким же и даже превышать солнечный поток.

Разность между суммарными потоками излучения от Солнца и от Земли называется *чистой радиацией*. Она неодинакова над сушей и океаном. Между 40° с.ш. и 40° ю.ш. чистая радиация над океаном составляет около $1 \text{ млн ккал/м}^2 \text{ год}$, а над сушей примерно 0,6 млн.

Энергетическая субсидия, или третий поток энергии, рассматривается в экологии как вспомогательный. К нему относят всякий источник энергии, уменьшающий затраты на самоподдержание и увеличивающий ту долю энергии, которая может переходить в массу. Различают естественные субсидии и связанные с деятельностью человека.

Естественные субсидии есть результат перераспределения солнечного и теплового потоков в отдельных местах земного шара. К ним относят приливо-отливные явления, ветер, дождь, выделение тепла в сейсмически активных зонах и т.п.

Человечество выступает как мощный трансформатор энергетических потоков на Земле. Выделение тепла, углекислого газа, аэрозолей и т.п. в процессе промышленного и сельскохозяйственного производства приводит к значительной трансформации естественных энергетических потоков как в локальном, так и в глобальном масштабах. Научиться управлять этими потоками, соизмерять их с естественными процессами в каждом месте земной поверхности — основная задача человечества.

Круговороты вещества на Земле — «ловушка» для энергии

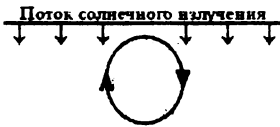
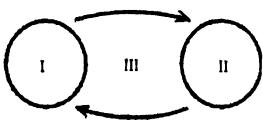
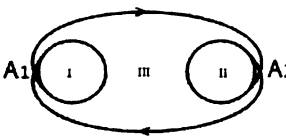
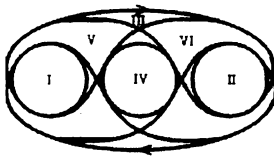
Энергетические потоки не могут быть повторно использованы, т.к. в конечном итоге все виды энергии превращаются в тепло и уходят в мировое пространство. Энергия задерживается на Земле благодаря круговоротам, или циклам превращения вещества.

Земля, в силу своих размеров, не может удержать гравитационными силами водород и гелий. Остальные элементы находятся в постоянном круговороте, проходя и через живые организмы.

Замкнутые пути, по которым циркулируют химические элементы, называются биогеохимическими круговоротами, или циклами.

Круговорот каждого элемента состоит из двух основных частей (фондов): большой, медленно движущейся массы, заключенной в какой-либо геологической оболочке — гидросфере, атмосфере, литосфере (резервный фонд); и небольшой, быстро движущейся массы, заключенной в живых организмах (обменный фонд).

**Таблица 4.3. Основные этапы усложнения модели
круговоротов вещества на Земле**

	<p>Базовая модель круговорота веществ и потока энергии. Характеризуется средними показателями скорости и времени оборота. Коэффициент рециркуляции равен 1. Существующие в литературе схемы круговоротов воды, CO_2, отдельных элементов отражают данную модель.</p>
	<p>Первый этап усложнения модели. Выделяются три круговорота со своими характеристиками скорости, времени оборота и коэффициента рециркуляции.</p> <p>I - круговорот элементов в биоте. Область интересов преимущественно биологии.</p> <p>II - круговорот элементов в абиотической компоненте. Область интересов преимущественно геологии и географии.</p> <p>III - круговорот, отражающий связь живого со своим окружением. Область интересов экологии.</p>
	<p>Второй этап усложнения модели связан с детализацией связей биотической и абиотической компонент. Выделение процессов, замыкающих биотическую и абиотическую компоненты самих на себя, и процессов, осуществляющих связь между ними. Точки A_1, A_2 отражают роль обеих компонент в трансформации атмосферы, гидросферы, литосферы и появление нового образования – почвы (педосферы).</p>
	<p>Третий этап усложнения. Введение в модель антропогенного цикла (IV) приводит к резкому усложнению модели, т.к. сразу же появляются дополнительные циклы (V, VI и др.), отражающие особенности связей человека с биотическим и абиотическим компонентами круговорота. Детализация контактов антропогенного и природных циклов усложняет картину, но принципиально не меняет модель.</p>

В зависимости от того, в какой геологической оболочке сосредоточен резервный фонд того или иного элемента, выделяют два основных типа круговоротов: цикл газообразных веществ с резервным фондом в гидросфере и атмосфере; осадочный цикл с резервным фондом в литосфере.

Схемы круговоротов углерода, азота, воды, фосфора, серы и т.д. приводятся в любом учебнике по экологии. Их интересно рассматривать, обнаруживая при этом отличия в степени детализации отдельных звеньев в зависимости от специальности авторов. Значительно важнее понять общее направление мысли при моделировании круговоротов вещества. Один из возможных вариантов показан в табл. 4.3.

Любой круговорот может быть охарактеризован тремя основными показателями: скоростью, временем оборота и коэффициентом рециркуляции.

Часть общего количества химического элемента или соединения, которая входит или выходит из оборота за конкретный промежуток времени, определяет его скорость. Время оборота — величина, обратная скорости, т.е. время, необходимое для полной смены всего количества элемента или соединения, находящегося в цикле. Коэффициент рециркуляции определяется как отношение возвращаемой в круговорот доли к общему потоку вещества через цикл. Он характеризует долю возврата.

Существует довольно много расчетов скоростей обмена и времени оборота как для отдельных элементов, так и для таких соединений, как вода. Например, по данным М.М.Львовича, Мировой океан (практически вся гидросфера) обновляется за 2700 лет, подземные воды за 5000 лет, почвенная влага за один год, а влага атмосферы за 11 дней.

Последовательная детализация средних характеристик скорости, времени оборота и коэффициента рециркуляции в абиотической, биотической, антропогенной компонентах общего круговорота является логикой усложнения модели в пределах Земли.

Замкнутость земных круговоротов вещества относительная, т.к. ежегодно Земля получает из Космоса около десяти тысяч тонн космической пыли и метеоритного вещества, а со своей стороны теряет водород и гелий. Освоение человеком космического пространства также связано с потоками вещества с Земли и из Космоса. Поэтому в будущем потребуются усложнение модели круговорота и введение в него круговорота энергии, т.к. согласно принципу сохранения поток энергии, пронизывающий Землю, должен быть замкнут через процессы, протекающие в Космосе. Введение информационного

аспекта усложнит механизмы контактов биотической, абиотической, антропогенной компоненты общего круговорота веществ, но принципиально не изменит саму модель.

Связующая роль почвенного покрова (табл. 4.3, точки A_1 , A_2) проявляется в следующих основных процессах:

- образовании органических кислот (от простой угольной до сложных фульво- и гуминовых), ускоряющих процесс разрушения минералов;
- трансформации поверхностных вод в грунтовые с изменением их химического и газового состава;
- изменении в поглощении и отражении солнечного света;
- аккумуляровании вещества и энергии для организмов суши;
- формировании речного стока;
- регулировании влагооборота и газового режима;
- накоплении различных загрязнений в результате деятельности человека;
- биологической эволюции, где почва выступает как «память» природы.

Еще в прошлом веке было замечено, что живые организмы предпочитают использовать для своих нужд химические элементы, уже побывавшие в живом, нежели те, что еще не прошли через живое (закон бережливости К.Бэра).

Скорость оборота биотического цикла в условиях суши может быть определена как отношение сухого вещества подстилки к сухой массе опада за год. Чем больше этот коэффициент, тем медленней круговорот. Наблюдения многих исследователей показали, что коэффициент закономерно изменяется. Наибольшее значение он имеет в заболоченных лесах (50) и тундрах (20–50); снижается в таежных лесах (10–17) и на целый порядок уменьшается в степях (1–1,5). Наименьшее значение регистрируется в тропических лесах (0,1), саваннах (0,2), субтропиках (0,7). Исключительно быстрый круговорот веществ в тропических лесах приводит к тому, что в почвах практически не происходит накопление органического вещества и поэтому достаточно убрать лес, как сразу же образуется пустыня.

В настоящее время считается, что большая часть пустынь, расположенных в тропической и субтропической областях земной поверхности, есть результат деятельности наших далеких предков.

Как уже указывалось выше, запасенная в процессе фотосинтеза солнечная энергия реализуется в итоге в виде функции размножения. Согласно закону Мальтуса, количество потомков любого вида увеличивается в геометрической прогрессии. На основе избыточности потомства происходит формирование пищевых цепей и расселение (растекание) по поверхности Земли (агрессия жизни). Оба процесса будут рассмотрены в следующих лекциях.

Представленные выше взаимосвязи между потоком солнечной энергии и круговоротом вещества можно суммировать в виде общей схемы (рис. 4.4).

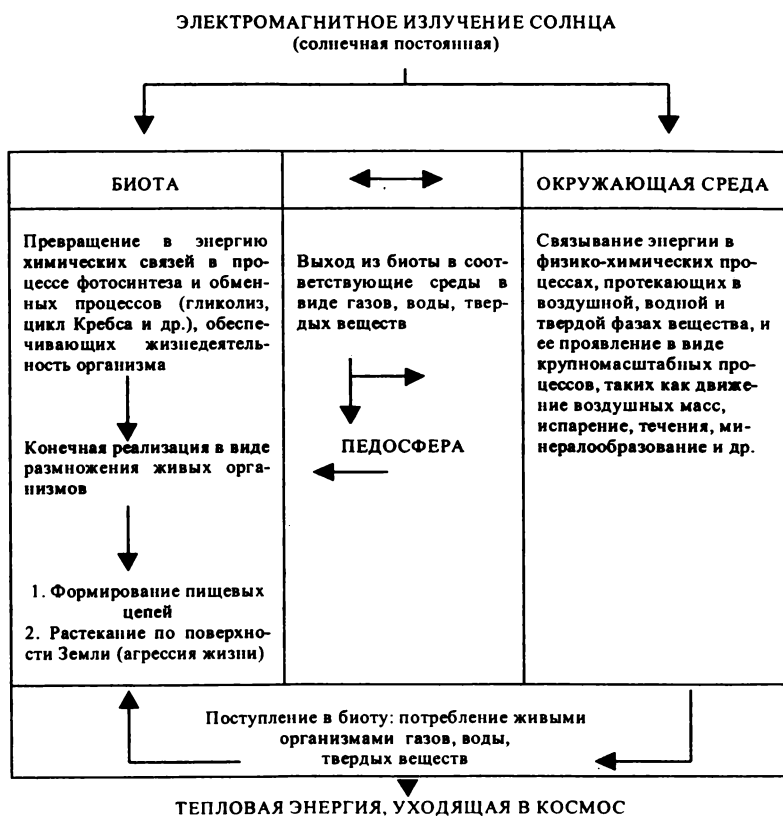


Рис. 4.4. Схема связей энергетического потока от Солнца и круговоротов вещества на Земле

Итак, подведем итоги:

1. Электромагнитное взаимодействие является основным для оценки экологических процессов на Земле.

2. В экологии выделяют три энергетических потока: электромагнитное излучение Солнца; тепловой поток от Земли как нагретого тела; вспомогательный, или энергетическая субсидия, представляющий в основном преобразованные человеком предыдущие два.

3. Основная часть солнечной энергии расходуется в окружающей живые организмы среде, создавая на Земле условия, позволяющие проявиться «ошеломляющему» разнообразию жизни. Только около одного процента приходящей солнечной энергии поступает в биоту через процесс фотосинтеза и превращается в энергию химических связей, используемую для всех жизненных процессов.

4. Присутствующие в атмосфере Земли водяные пары, углекислый газ, различные аэрозоли поглощают инфракрасное излучение и тем самым создают парниковый эффект, проявляющийся в положительной среднепланетарной температуре поверхности Земли. Основной вклад в формирование парникового эффекта вносят пары воды.

5. Потоки энергии задерживаются на Земле круговоротами вещества, которые состоят из двух основных частей: резервного (абиотического) и обменного (биотического) фондов. Связующую роль между ними выполняет почва.

6. Любой круговорот характеризуется тремя основными показателями: скоростью, временем оборота, коэффициентом рециркуляции.

7. Последовательность детализации средних характеристик скорости, времени оборота и коэффициента рециркуляции в абиотической, биотической, антропогенной компонентах общего круговорота является логикой усложнения моделей круговоротов вещества.

8. Скорость оборота биотической компоненты цикла в условиях суши может быть определена через отношение сухого вещества подстилки к массе опада за год. Максимальная скорость оборота отмечена в тропических и субтропических областях, что является одной из причин достаточно быстрого формирования пустынь в этих зонах.

Лекция 5. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

Между косным и живым веществом есть, однако, непрерывная, никогда не прекращающаяся связь, которая может быть выражена как непрерывный биогенный ток атомов из живого вещества в косное вещество биосферы и обратно. Этот биогенный ток атомов вызывается живым веществом. Он выражается в непрекращающемся никогда дыхании, питании, размножении.

В.И.Вернадский

Место биосферы в структуре геологических оболочек Земли. Границы биосферы. Концепции биосферы. Биосфера как экосистема. Понятие живого вещества. Основные характеристики живого вещества: масса, средний химический состав, запас свободной энергии. Основная функция живого вещества и ее проявление. Биогеохимические принципы эволюции биосферы. Поле живого вещества. Устойчивость биосферы.

Термин «биосфера» появился в конце XVIII в. в научной среде школы Ж.Бюффона. Первоначальное понимание биосферы как маленьких бессмертных глобул жизни постепенно заменяется представлениями о биосфере как геологической оболочке. Ж.Ламарк был одним из первых, кто попытался это сделать. В XIX в., особенно во второй его половине, Э.Зюсс уже в полной мере ставил биосферу в один ряд с другими геологическими оболочками, понимая под ней совокупность всех живых организмов, находящихся на Земле.

В первой половине XX в. В.И.Вернадский, занявшись проблемами биосферы, уточняет определение Зюсса и говорит о биосфере как области распространения жизни, включающей наряду с живыми организмами и среду их обитания.

Место биосферы в структуре Земли. Границы биосферы

В геологических оболочках границы биосферы определяются условиями, при которых возможно существование живых организмов.

За верхнюю границу биосферы в атмосфере принимается озоновый слой, т.к. выше его мощный поток ультрафиолета убивает все живое. Полеты человека в космическом пространстве выше этой границы вносят неопределенность в данный вопрос.

Границы распространения живых организмов в литосфере определяются температурой. По современным данным, живое не может существовать при температурах выше $+100^{\circ}\text{C}$. Самые термофильные бактерии живут в горячих источниках при температурах близких к $+90^{\circ}\text{C}$. Открытие в Мировом океане гидротерм с температурами выше 100°C и фиксация в их районе разнообразных форм жизни делает этот критерий не абсолютным.

Еще более неопределенная ситуация сложилась со средовыми границами биосферы. Хорошо известны живые организмы, освоившие не только кислородную, но и бескислородную среду обитания. Открыты водородные, метиловые, метановые, железобактерии и т.д., живущие в соответствующих средах. Нахождение грибов в ядерных реакторах говорит о способности живого осваивать и высоко-радиоактивные условия. Трудно сказать, какие среды не могут быть подвергнуты атаке жизни, и вопрос о средовых границах жизни остается открытым.

Основные концепции биосферы

Исторически первой концепцией биосферы является **географическая**. Учение о природных зонах А.Гумбольдта и В.В.Докучаева составляет основу этой концепции. Структура биосферы представлена в ней физико-географическими поясами, состоящими в свою очередь из географических зон, подзон, областей, различающихся по тепловому балансу. Выделяют семь основных поясов: полярный (арктический и антарктический), субполярный (субарктический и субантарктический), умеренный (северный и южный), субтропический (северный и южный), тропический (северный и южный), субэкваториальный (северный и южный), экваториальный.

В рамках данной концепции рассчитаны радиационный и тепловой балансы Земли, разработаны различные формы



Александр Гумбольдт
(1769–1859)



Василий Васильевич
Докучаев
(1846–1903)



Эдуард Зюсс
(1831–1914)



Владимир Иванович
Вернадский
(1863–1945)

районирования поверхности: физико-географическое, экономико-географическое, социально-географическое, климатическое, геоморфологическое, почвенное, геоботаническое, зоогеографическое и др. Соотношение тепла и влаги определяет тип растительности и животный мир в каждой географической единице биосферы.

Наиболее всеобъемлющей является *биогеохимическая* концепция биосферы В.И.Вернадского. Ее можно рассматривать как самый крупный синтез естественно-научного и гуманитарного знания XX в., лежащий в основе новой натуралистической картины мира (см. лекцию 1).

В физической картине мира, доминирующей сегодня в научном мировоззрении, отсутствует понимание живого как элемента мироздания. Биосферная основа новой картины мира вводит его как обязательный элемент.

В настоящее время идет интенсивное освоение научного наследия В.И.Вернадского. Разрабатываются отдельные ветви его учения о биосфере — *энергетическая, информационная* — и *социальные* аспекты теории биосферы.

Энергетический аспект учения о биосфере активно разрабатывается В.Г.Горшковым и др. в Санкт-Петербургском техническом университете ¹. Проведен детальный анализ потоков солнечной и тепловой энергии на Земле, энергетического обеспечения размеров организмов, способов передвижения и т.п. А.С.Пресманом в 60–70 гг. на основании литературных данных и собственных исследований сформулирована концепция об универсальной роли электромагнитных полей (ЭМП) как носителей информации на всех уровнях ее иерархии ². Показано, что по мере усложнения живых организмов возрастает и их чувствительность к ЭМП.

Естественные ЭМП реализуются в широком спектре частот: медленно изменяющиеся геомагнитные и геоэлектрические поля; колебания с коротким периодом от 0,002 до 5 Гц; «шумановские» колебания с частотами 8, 14, 20, 26 Гц; «атмосферики» в диапазоне $10-10^{14}$ кГц; радиоизлучение Солнца и Галактики $10-10^6$ МГц. Важно то, что средний

¹ См.: Горшков В.Г. Энергетика биосферы и устойчивость состояния окружающей среды// Итоги науки и техники. Сер. геогр. 1990. Т. 7.

² См.: Пресман А.С. Электромагнитные поля в биосфере. М., 1971.

уровень большинства ЭМП периодически изменяется. Выделяются 6–7-, 27-суточные, сезонные, 11-летние и другие циклы. Ритмичность этих процессов (см. лекцию 3) синхронизирует взаимодействия как внутри живого, так и между живым и его окружающей средой (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Глобальная синхронизация ритмов на разных уровнях иерархии живого посредством ЭМП земного и космического происхождения (по А.С. Пресману)

Ритмы	Синхронные в этих ритмах биопроцессы	Выявленные и вероятные синхронизирующие ЭМП
Суточные (солнечные и лунные)	Обмен веществ, размножение, поведение, патологические процессы	Суточные вариации геомагнитного и гелио-электрического полей, уровня интенсивности ЭМП "атмосфериков"
Многодневные: 6–7, 12–14, 28–32	Физико-химические свойства ДНК, периодичность роста, кровяное давление, пульс, мышечная сила, состав крови, патология	Полярность магнитного поля Солнца, 27-суточная периодичность слабых магнитных бурь и солнечных радиоизлучений, вариации магнитной активности Земли
Годовые и многолетние: 1, 6, 7, 11,	Сезонные вариации физиологических процессов и поведения, вариации численности популяций	Цикличность геомагнитной активности в связи с солнечной
Столетние и тысячелетние: 100–110, 180, 1185	Циклические изменения качественного и количественного изменения фауны и флоры	Цикличность изменения ЭМП биосферы, связанная с солнечными циклами большой длительности
Миллионнолетние: 20–200	Циклы (эпохи) эволюционных преобразований и "биологических" катастроф	Длительные периоды и циклы изменения напряженности геомагнитного поля и его инверсий

Электромагнитные поля, рассматриваемые как носители информации об организованности Космоса, могут стимулировать возникновение и развитие живого на Земле. Получены некоторые экспериментальные основания возможности образования сложных биоструктур в гидросфере под влиянием этой информации (табл. 5.2).

Таблица 5.2. Экспериментальные основания влияния естественных электромагнитных полей на процессы образования химических и первичных биологических структур в гидросфере (по А.С.Пресману)

Процессы структурообразования	Стимуляция подобных процессов в экспериментах с искусственными ЭМП	Естественные ЭМП, которые могли бы стимулировать такие процессы в гидросфере
Формирование пептидных цепей из аминокислот	Образование цепочек из микрочастиц под действием ЭМП 1—100 МГц	Галактические радиошумы и радиоизлучение Солнца в диапазоне частот от 10 до 10^6 МГц
Свертывание пептидных цепей в спирали	Вращение плоскости поляризации в экстрактах животных тканей под действием ЭМП 1875—3000 МГц	Когерентные космические излучения, мазерные линии ОН с круговой поляризацией на частотах 1612, 1720 МГц и др.
Свертывание пептидных спиралей в клубки	Изменение активности гамма-глобулина, связываемое с переходом "спираль—клубок" под действием импульсных ЭМП в диапазоне 10—200 МГц	Излучение пульсаров в радиодиапазоне с частотами от 40 до 230 МГц
Образование протоклеток	Под действием слабых токов в морской воде образуются "биоподобные" структуры	Теллурические токи в морях и океанах порядка 10^{5-8} А/см
Объединение протоклеток	Группирование (в солевом растворе) примитивных клеток в клеточную массу под действием слабых переменных токов	Теллурические токи в морях и океанах

Социальные концепции биосферы известны под названием экологических моделей мира будущего. Общественный интерес к данным аспектам учения о биосфере сильно возрос после фундаментальной работы, выполненной в 1970–1972 гг. группой молодых исследователей Массачусетского технологического института и других научных учреждений США под руководством Д.Медоуза и известной под названием «Пределы роста»(1991). Основной вывод проведенного исследования: *«Чем дольше будут сдерживаться фундаментальные изменения в стратегиях развития, тем менее привлекательным будет конечный результат»*.

Коренные изменения в стратегиях развития связаны прежде всего с мировоззренческими установками. Физическая картина мира должна смениться натуралистической как дающей более широкую рамку представлений о структуре и эволюции Природы. Основу этой картины мира составляет учение о биосфере.

Структура биосферы в рамках биогеохимической концепции

Биогеохимический подход позволяет произвести редукцию огромного разнообразия природных тел, процессов и явлений к нескольким основным типам вещества. Вся совокупность живых организмов может быть рассмотрена как определенный тип вещества и тем самым появляется возможность сравнивать его по функциям с другими.

Выделяют следующие типы вещества:

1. Живое вещество: однородное и неоднородное.
2. Биокосное вещество (почва, некоторые минералы).
3. Косное вещество: биогенное; минералы; вещество в радиоактивном распаде; вещество в рассеянных атомах; космическое вещество (пыль, излучения).

Основу биосферы как геологической оболочки составляет живое вещество, понимаемое как совокупность химических элементов, сосредоточенных во всех живых организмах, вместе взятых.

Живые организмы, выступая как некая совокупность химических соединений, обладают определенной *массой*.

По разным подходам, она оценивается в 10^{12} — 10^{13} т. Дискуссионным является вопрос об изменении массы живого вещества в геологической истории Земли. Существуют две точки зрения на эту проблему:

- масса живого вещества есть величина постоянная;
- масса живого вещества постоянно увеличивается.

Первая исходит из предположения о неизменности прихода солнечной энергии на поверхность Земли (солнечная постоянная) как следствия космического положения планеты. Допускается кратковременное (по геологическим масштабам) изменение массы живого вещества, связанное с перераспределением воды и суши.

Вторая связывает увеличение разнообразия жизни в ходе геологического времени с соответствующим увеличением массы. Увеличение разнообразия живого отмечается в биологии как эмпирическое обобщение. Следует отметить, что прямой связи между увеличением массы и разнообразием нет, т.к., согласно принципу сохранения при постоянном количестве энергии, увеличение разнообразия одних живых организмов возможно только за счет уменьшения численности других.

Масса живого вещества дискретна. Она представлена большим разнообразием форм. Еще в 60-е гг. академик В.А.Амбарцумян подметил параллелизм в последовательности формообразования галактик и в живом веществе. Полиморфизм в живой природе и Космосе реализуется на основе структурной симметрии (табл. 5.3).

Все виды симметрии проявляются в мире вирусов, бактерий, простейших. В ходе усложнения живых организмов происходит уменьшение числа проявленных симметрий. Так, все формы позвоночных животных основаны только на билатеральной симметрии, а их группы (популяции, кланы, семьи, стаи и т.п.) на неправильной. Размеры живых организмов находятся в диапазоне девяти порядков от 20 нм до 100 и более метров.

Второй характеристикой живого вещества является *средний химический состав*. Единственный элемент, который находится в значительных количествах во всех сферах Земли,— кислород (табл. 5.4).

**Таблица 5.3. Формы структурной симметрии,
реализуемые в Космосе и живом веществе**

Объекты	Формы симметрии					
	Шаровая	Эллипсоидная	Радикальная	Спиральная	Билатеральная	Неправильная
Галактики	+	+	+	+	+	+
Вирусы	+	+	+	+	+	+
Бактерии	+	+	+	+	+	+
Простейшие	+	+	+	+	+	+
Растения	+	+	+	+	+	+
Беспозвоночные			+	+	+	+
Позвоночные					+	+
Колонии, сообщества и другие группы						+

**Таблица 5.4. Химический состав основных сфер Земли
(в весовых %). (Содержание <0,01% не показано.)**

Элемент	Земля в целом	Земная кора	Атмосфера	Гидросфера	Живое вещество
Н	—	—	—	10,8	8,0
Fe	39,8	6,4	—	—	—
Si	14,5	26,5	—	—	0,2
О	27,7	46,0	23,3	85,3	70,0
С	0,04	0,1	0,04	0,01	18,0
Ca	2,32	4,8	—	—	0,48
К	0,14	1,2	—	—	0,2
N	—	0,01	75,3	—	0,5

В живом веществе находятся все элементы, отмеченные в таблице Д.И.Менделеева, но количественно преобладают всего четыре: кислород, водород, углерод, азот. На них приходится 96% массы.

По-видимому, за 3,5 млрд лет существования живого вещества содержание этих элементов существенно не менялось, а основные колебания в химическом составе связаны с содержанием других элементов, прежде всего кальция и кремния. Специфика химического состава отдельных групп живых организмов формируется не на элементах, а на органических веществах: белках, жирах, углеводах и др.

Третьей характеристикой живого вещества является *запас свободной энергии*. По этой характеристике в неорганическом мире с живым веществом могут быть сопоставлены только незастывшие лавовые потоки. Но они недолговечны. Живое же вещество оказывает *непрерывное* воздействие на окружающий его мир.

Свободная энергия живого вещества есть солнечная энергия, превращенная в энергию химических связей в процессе фотосинтеза зеленых растений и растекающаяся по поверхности Земли благодаря способности живого регулировать проявления собственных процессов.

Эта способность проявляется через функцию размножения, которая обеспечивает растекание (заселение, агрессию) живого по поверхности. Процесс заселения планеты есть одно из следствий геометрической прогрессии размножения живых организмов и ограничивается размерами самой планеты. В.И.Вернадский предложил формулу, связывающую скорость заселения с величиной поверхности Земли, длиной экватора, геометрической прогрессией размножения и размерами живых организмов:

$$V = \frac{46383,935 \cdot \lg 2^{\Delta}}{18,70762 - \lg K} \quad \text{см/с},$$

где 46383,935 — отношение длины экватора к числу секунд в сутках; 18,70762 — логарифм поверхности Земли; Δ — показатель геометрической прогрессии размножения вида; K — коэффициент плотности жизни, определяемый как отношение площади поверхности Земли к максимальному количеству организмов на один гектар.

Таблица 5.5. Проявление базовых характеристик живого вещества на основных уровнях его организации

Уровень организации	Основные характеристики		
Живого вещества	Масса	Средний химический состав	Запас свободной энергии
Биоценозный	Список видов	Химический состав отдельных биоценозов	Стратегии видов (k, r)
Популяционно-видовой	Численность (плотность)	Химический состав отдельных видов	Радиус репродуктивной активности
Организменный	Масса	Химические особенности особи	Количество потомков

Используя эту формулу, В.И.Вернадский рассчитал скорости заселения для 25 видов живых организмов разного размера. Размах колебаний оказался очень большим: организмы размером с бактерию заселяют Землю со скоростью 33100 см/с, а размером со слона — 0,096 — 0,1 см/с.

Скорость заселения земной поверхности тем или иным видом есть характеристика его геохимической функции. Чем больше скорость заселения, тем сильнее вид оказывает влияние на окружающую среду. Поэтому основной вклад в изменение геохимического окружения вносят микроорганизмы.

На разных уровнях организации живого все три базовые характеристики проявляются в форме других показателей (табл. 5.5).

Проявление базовых характеристик живого вещества на внутриорганизменных уровнях организации связано с особенностями их представления в конкретных задачах. Они могут выступать в виде характеристик формы, процесса, строения.

Основная функция живого вещества

Выявление особенностей проявления свободной энергии живого вещества позволило В.И.Вернадскому сформулировать представление о его геохимической функции в структуре Земли как *единственной для всех* живых организмов.

Живое вещество производит на Земле непрерывную, непрекращающуюся ни на мгновение работу по переработке своего окружения, по его изменению.

Выявление этой функции живого вещества ставит биосферу в несколько особое положение в структуре геологических оболочек. В механизме формирования земной коры она выступает тем активным началом, в процессе которого меняется газовый состав атмосферы, процесс минерало- и почвообразования, состояние гидросферы. *Осуществляется геохимическая функция живого вещества через питание, дыхание и размножение особей всех видов живых организмов.*

Процесс переработки окружающей среды живыми организмами начинается с превращения в зеленых растениях электромагнитного излучения Солнца в энергию химических связей (фотосинтез), усиливается разнообразием пищевых взаимодействий живых организмов (продуценты — консументы — редуценты) и регулируется размножением (численностью вида).

Глобальные следствия питания отдельных особей выражаются в *концентрационной функции* живого вещества в целом.

Концентрационная функция живого вещества есть процесс отбора организмами из окружающей среды определенных химических элементов.

В.И.Вернадский выделяет два основных типа этого процесса:

1. Концентрационная функция первого рода: захват живыми организмами тех химических элементов, соединения которых встречаются во всех живых организмах. К ним он относит: H, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Fe.

2. Концентрационная функция второго рода связана с сильно выраженной концентрацией отдельными группами живых организмов определенных элементов. Не все элементы необходимы организмам в одинаковых количествах,

не все накапливаются в них в равной степени. А.П.Виноградов (1949) отметил несколько наиболее общих закономерностей поглощения элементов организмами:

- подвижные элементы, даже содержащиеся в малых количествах в окружающей среде (например, йод, литий, фтор и др.), концентрируются в живых организмах в значительных количествах; элементы с высоким содержанием в среде, но малоподвижные не накапливаются в организмах (например, титан, цирконий и др.);

- химический элементарный состав живого вещества является периодической функцией атомного номера элемента в таблице Менделеева, причем в ряду элементов с четным номером каждый шестой элемент после кислорода ($2 + 6 + 6 + 6...$) характеризуется повышенной способностью к концентрации в живом (железо, стронций, барий и т.д.);

- в ряду элементов с нечетным атомным весом подобный «пик» в организмах дает каждый шестой элемент начиная с водорода ($1 + 6 + 6...$) — марганец, рубидий, цезий и т.д.; для всех этих элементов в природе имеются свои организмы-концентраторы;

- с возрастанием порядкового номера в группе периодической системы увеличивается ядовитость элемента, что сказывается на уменьшении его содержания в организмах; например, в III группе: цинк — обычный элемент, кадмий обладает токсичностью, и в еще большей степени токсична ртуть;

- наибольшая концентрация элементов свойственна простейшим организмам — представителям древних форм. Например, тропические губки и красные водоросли концентрируют до 1% йода, железобактерии — до 20%, а Foraminifera — до 11% железа и т.д.

Живое вещество не представляет собой однородной массы. Оно реализовано на Земле в виде огромного разнообразия видов. В рамках учения о биосфере неоднородность живого вещества может быть классифицирована, по крайней мере, по трем направлениям:

1. В.И.Вернадский предложил выделять однородное (видовое) и неоднородное (биоценозное) живое вещество.

2. Д.Л.Панфилов — репродуктивное и соматическое.

3. По способу питания можно классифицировать на автотрофное и гетеротрофное.

Выявление в будущем основополагающих различий между крупными частями живого вещества (например, между водными и наземными организмами и т.п.), возможно, позволит увеличить этот список.

Глобальные следствия дыхания живых организмов на уровне живого вещества интегрируются в *газовую* функцию биосферы. Она реализуется в виде различных частных функций: кислородной, азотной, углекислотной, углеводородной, сероводородной и т.п.

Газовый состав атмосферы (особенно ее нижней части — тропосферы) самым тесным образом связан с деятельностью живого вещества. Основными компонентами являются кислород и азот (см. табл. 5.4).

Кислород. Факты, собранные исследователями земных процессов, дают основание сделать эмпирическое обобщение, касающееся судьбы кислорода атмосферы.

Кислородный состав современной атмосферы — результат процесса фотосинтеза, протекающего в клетках зеленых растений, и дегазации глубинных океанических вод.

Фотосинтетический кислород поставляет в атмосферу водная и континентальная растительность. Получается этот кислород за счет фотолиза воды в зеленой клетке растительного организма. Изотопный состав фотосинтетического кислорода отвечает таковому воды. Кислород современной атмосферы на 2,3% тяжелее фотосинтетического. Такая ситуация заставляет предположить наличие еще как минимум одного источника кислорода, по мощности равного фотосинтетическому. Анализ данных по содержанию и изотопному составу кислорода в вулканических извержениях, в морской воде позволили ученым установить, что таким вторым источником является магматический кислород, изотопный состав которого и утяжеляет нашу атмосферу. Расчеты показывают, что поступление кислорода при всякого рода излияниях магмы по мощности не уступает его поступлению через фотосинтез. Океан выступает как промежуточный накопитель магматического кислорода.

Азот. Главный по объему и массе газ атмосферы. В геохимическом плане его роль практически не изучена. В земной коре азот известен в виде ионов NO_3^- и NH_4^+ . Соли азотной кислоты встречаются редко. Легкая растворимость

в воде не способствует сохранению их в ископаемом состоянии. Месторождения нитратных минералов (селитр) известны в пустынях Чили, Индии, Египта, в пустыне Сахара и некоторых других районах мира.

Больше всего азота, кроме атмосферы, содержится в живых организмах. Без азота жизнь в том виде, как она нам известна на Земле, невозможна. Существует целая группа живых организмов, способная поглощать азот прямо из атмосферы,— азотфиксаторы. С них начинается биотический круговорот азота. Возможен и другой путь превращения инертного атмосферного азота в доступные растениям ионные формы. Установлено, что при грозовых разрядах воздух ионизируется с образованием активных ионов азота. Взаимодействие с водой приводит к образованию азотной и азотистой кислот, которые выпадают вместе с дождями на Землю.

Азотная кислота — одна из самых сильных минеральных кислот. Попадая на поверхность Земли, она не только сама становится источником азота для растений, но и вступает в обменные реакции с твердой фазой почвы, переводя зольные элементы из недоступных в доступные. На Земле за год регистрируется около 10 000 гроз. В результате описанного выше процесса на один гектар площади поверхности Земли за год выпадает до 15 кг азотной кислоты.

Глобальные следствия размножения на уровне живого вещества интегрируются в *транспортную* функцию живых организмов, т.к. оно обеспечивает **непрерывность** существования живого вещества и, следовательно, биосферы в целом. В.И.Вернадский сформулировал три основных обобщения, касающиеся размножения живых организмов в связи с геохимической функцией живого вещества.

1. Размножение живых организмов осуществляется в геометрической прогрессии (закон Мальтуса). Следствием из данного обобщения является положение о том, что потомков всегда больше, чем предков. Ч.Дарвин из этого правила приходит к представлениям о конкурентных взаимоотношениях между живыми организмами и на этой идее разрабатывает основные положения своей теории естественного отбора. В.И.Вернадский обращает внимание на другой аспект этого обобщения: много потомков, значит есть возможность расселиться (растечься) по поверхности Земли. Внутривидовые

конкурентные отношения при этом снимаются, но зато проявляется агрессия жизни.

2. Процесс размножения живого ограничивается только внешними условиями: наличием пищи, света, температурой и т.д. Внутри самого живого нет запретов на реализацию геометрической прогрессии. Скорость растекания живого, а следовательно, и переработка им среды, ограничивается внешними условиями.

3. Темп размножения зависит от размеров организмов. Мелкие организмы размножаются быстрее крупных. Глобальное следствие такого положения заключается в том, что основной вклад в переработку среды обитания вносят мелкие организмы.

Человек, являясь частью живого вещества, также участвует в реализации геохимической функции живого вещества, подчиняясь общим правилам.

Разнообразие природных условий, создаваемое внешними (космическими) и внутренними процессами на Земле, обуславливает неравномерность распределения живых организмов. Наибольшее разнообразие форм жизни сосредоточено в зоне береговых линий различных водоемов — морей, озер, рек, т.к. здесь встречаются виды, освоившие воздушную, водную и твердую среду.

Эволюция биосферы

В.И.Вернадский, исходя из геохимических функций живого вещества, сформулировал три основных биогеохимических принципа эволюции биосферы как целостного образования.

Первый принцип вытекает из факта устойчивости геологических процессов в ходе исторического времени.

Биогенная миграция химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему выражению.

Вовлекая неорганическое вещество в биотический круговорот, живое способно со временем проникать в ранее недоступные ей области и тем самым увеличивать свою перерабатывающую активность. Освоение новых областей осуществляется за счет увеличения разнообразия форм живых

организмов. По предположению палеонтологов, число родов высших растений увеличилось с одного в силуре до 36 в девоне, от 150 до 300 — в карбоне-триасе (О.П.Фесуненко).

Данный принцип является измененной формулировкой закона сохранения вещества и его можно назвать *правилом постоянства химического базиса эволюции живого вещества*.

Второй принцип связывает воедино эволюцию биосферы в целом и отдельных видов.

Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы.

Увеличение биогенной миграции атомов связано с изменением видового состава живого вещества. Из этого принципа следует, что в любой момент времени живое вещество состоит, как минимум, из трех основных групп видов:

1. Базовой группы, обеспечивающей в данное время всю основную работу по переработке среды. Виды, составляющие эту группу, ответственны за общую структурно-функциональную организацию живого вещества и реализуют ее в соответствии со своими особенностями в питании, дыхании, размножении.

2. Группа новых видовых форм, выступающая как «возмутители» спокойствия. Судьба их будет определяться уровнем вклада в общую геохимическую функцию живого вещества. Возможны различные сочетания функций питания, дыхания, размножения, а следовательно, и соответствующее место в общей структуре живого вещества: от прекращения существования на уровне неоформившейся видовой формы до доминирующего положения.

3. Группа «стареющих» видов, покидающих арену жизни, т.к. они уже не способны вносить соответствующий вклад в переработку среды.

Биология и палеонтология располагают значительным фактическим материалом, позволяющим рассмотреть историю живого вещества в рамках этого принципа, что даст возможность глубже понять проблемы адаптации и эволюции живых организмов.

Данный принцип можно назвать *правилом направленности эволюционных изменений*.

Представляет интерес вопрос о выделении человека из животного мира в рамках данного биогеохимического принципа.

Обычно обсуждение проблем происхождения человека связывают с именами Ч.Дарвина и Ф.Энгельса.

Основные заслуги Ч.Дарвина состоят в доказательстве родства человека с животным миром. Его капитальный труд «Происхождение человека и половой отбор» до сих пор остается наиболее полной сводкой доказательств родства человека и животных. Ф.Энгельс связал выделение человека из животного мира с его трудовой деятельностью. Но почему совершенствование в использовании передних конечностей и мыслительной деятельности оказалось эволюционно перспективным? Ответ на этот вопрос дает второй закон эволюции биосферы В.И.Вернадского. Применительно к человеку его можно сформулировать следующим образом:

Постоянное совершенствование использования передних конечностей и мыслительной деятельности оказалось эволюционно перспективным потому, что каждый новый этап в этом процессе приводил к усилению общей перерабатывающей функции биосферы в целом.

Рассмотрим основные этапы эволюции трудовой деятельности человека с этих позиций. С мускульной силы одной особи плюс сила солидарности (предки вели стадный образ жизни) начиналось движение к современному человеку. Камень, кость, дерево. Простые и составные орудия из этих материалов явились первыми шагами в усилении переработки окружающей среды. Освоение огня явилось тем переломным моментом в эволюции человека, когда был сделан решающий рывок из животного мира. Тепло огня дало возможность расселиться по всей Земле, пережить оледенения и тем самым расширить сферу своего воздействия. Свет огня продлил день, дал свободное время и, видимо, стимулировал развитие речи. Огонь явился сильнейшим фактором дифференцировки трудовой деятельности и тем самым усилению переработки окружающей среды. Появилась возможность более активной охоты для молодых и сильных членов племени, а старики, женщины и дети стали вести домашнее хозяйство. Увеличились возможности передачи накопленного индивидуального опыта от старых к молодым членам общины. Переход на вареную и жареную пищу не только изменил желудочно-кишечный тракт,

но и потребовал больше исходного сырья. Чем глубже переработка пищевых продуктов, тем больше отходов. Огонь позволил начать получение материалов (медь, бронза, железо и т.д.), отсутствующих в чистом виде в природе. До настоящего времени большинство перерабатывающих технологий — огневые.

Даже указанных последствий освоения огня достаточно для того, чтобы перерабатывающая функция тех групп людей, которые его освоили, настолько сильно возросла, что они стали недостижимы для других в борьбе за жизненный успех. Возможно, огонь косвенно способствовал переходу к оседлости и земледелию.

Одомашнивание животных и земледелие, освоение ветра, рек, морей, изобретение пороха, освоение энергии пара, электричества, атома — все это ступени усиления перерабатывающей функции человека, и *ни одного исключения* из правила. Человек становится главной перерабатывающей силой на Земле. В XX в. это приводит к тому, что необдуманные действия начинают угрожать самому существованию человека как биологического вида. Необходимость сначала думать, а потом делать выдвигает на первый план *мысль*, как следующий этап усиления переработки окружающей среды.

Биосфера эволюционирует в ноосферу, сферу разума — вывод, сделанный В.И.Вернадским еще в первой половине XX в. на основании осмысления биогеохимической функции живого вещества.

Третий принцип основывается на геометрической прогрессии размножения живых организмов.

В течение всего геологического времени заселение планеты должно быть максимально возможным для всего живого вещества, которое тогда существовало.

Данный принцип не нуждается в каком-либо разъяснении. Его можно рассматривать как *правило полной заселенности Земли во все геологические времена.*

Поле живого вещества

В свое время А.Эйнштейн отметил, что физическая картина мира складывается из двух элементов — частиц и полей. Выяснение вопроса, что из этих двух элементов общее, а что частное, приводит к двум парадигмам:

- поле является частью любого материального объекта;
- любой материальный объект есть часть какого-либо поля.

Каждая из этих парадигм имеет своих сторонников и противников. Не вдаваясь в подробный анализ проблемы, отметим, что для экологии важен сам факт **неразрывности связи поля и материального объекта**.

Идея биологического поля осознана эмбриологом А.Г.Гурвичем еще в начале XX в. К 30-м гг. она распространилась во всем мире как эмбриологическая, а не общебиологическая концепция. Как правило, концепция биологического поля не выходила за рамки учения об изменении формы живых организмов. Иначе подходил к понятию «поле» В.И.Вернадский. Впервые в 1921 г. в лекции, прочитанной в Доме литераторов в Петрограде, он применил понятие «поле» относительно всего живого¹. Для него концепция поля живого вещества есть нечто само собой разумеющееся, неоспоримое.

Воспринимая Природу как единое организованное целое, а науку как метод его познания, В.И.Вернадский не нуждался в доказательствах неразрывности связи полевой и материальной субстанции. Для него вопрос заключался в выяснении особенностей проявления полевых и вещественных связей между живым веществом и его окружением. В.И.Вернадский выделяет поле биосферы и поле живого вещества.

Рассматривая вопрос об экологических факторах (см. лекцию 3), я остановился на таком предельном понятии, как среда обитания живых организмов. В учении о биосфере появляется новое понятие — «поле», по своему рангу равное этому понятию. Необходимо рассмотреть вопрос об их соотношении.

Собирательное значение понятий «поле» и «среда» известно человечеству с незапамятных времен, но лишь в XVII—XVIII вв. начинается процесс осознания смысла этих понятий. Исходным будет вопрос: почему пространство, занятое косным, люди называли полем, а для живого использовали другое слово — среда?

В самом общем определении под понятием «поле» подразумевается часть пространства, в пределах которого действует что-либо. Напомню, что понятие среды обитания тоже

¹ См.: Вернадский В.И. Избранные сочинения. М., 1965. Т. 5.

определяется как пространство, окружающее живые организмы (см. лекцию 3). Поскольку понятия «поле» и «среда» суть характеристики пространства, то в этом смысле они являются синонимами. Разница, видимо, в оттенках того пространства, которое они описывают.

В.И.Вернадский неоднократно указывал на исключительно важное значение идеи Э.Зюсса выделить «особую оболочку земной коры — биосферу», рассматривая ее как геологическое проявление ранее высказанной биологами мысли об «определенной организованности», существующей между живым и его окружением. Он считал, что понятие «биосфера» заменило для живого неопределенное понятие «среда» в том смысле, что средой называлось и космическое пространство (космическая среда), и пространство, *занятое жизнью* (среда жизни). Владимир Иванович считал, что, говоря о среде жизни на Земле, «речь должна идти не о космической среде, а о земной оболочке, *переработанной жизнью и космическими излучениями*». Свою точку зрения он объясняет тем, что при «расширенном толковании» среды жизни теряется значение самих организмов в создании этой среды, в результате чего она «не смогла научно изучаться». Другими словами, В.И.Вернадский понял, что необходимо выделять из неопределенной окружающей среды *поле существования жизни*, которым он и считал биосферу.

Как уже отмечено выше, в философском смысле среда и поле синонимы. С естественно-научной точки зрения, разница между ними в том, что *поле есть определенным образом организованная среда* (Г.Гегамян, 1989, личное сообщение). В этом смысле биосфера есть наибольшая для Земли организованная самими живыми организмами среда их существования. Она является связующим звеном между живым и косным на уровне живого вещества. Взаимодействие живого с окружающей его средой на других уровнях организации осуществляется через свои поля существования жизни, которые будут охватывать то пространство, что соответствует выделенному уровню. *Для экологии это означает, что каждый биоценоз, популяция, особь, субклеточные структуры имеют собственные поля существования, т.е. собственную, определенным образом организованную с их участием среду, через которую и осуществляется взаимодействие.* Это положение проливает свет на вопрос: почему надо каждый раз для решения экологических

проблем выделять конкретную экосистему с соразмерными пространственно-временными характеристиками биоты и ее окружения.

Подводя итог, можно сказать, что понятие «среда» применяется для рассуждений о сущности взаимодействий между живым и его окружением, а понятие «поле» тогда, когда необходимо выявление конкретных действующих сил, т.е. это деятельностное определение среды, получающее дальнейшее развитие в понятии экологического фактора.

Живые организмы, входящие в биосферу, «резко отличаются от остальных переменных биосферы» своей автономностью, которая «...является выражением того факта, что термодинамическое поле, им свойственное, обладает совершенно иными параметрами, чем те, которые наблюдаются в биосфере... Они обособлены в биосфере и ее термодинамическое поле имеет для них значение только в том смысле, что определяет область существования этих автономных систем, но не внутреннее их поле». И далее: «Эмпирически живые организмы могут быть описаны как особые, чуждые биосфере, в ней отграниченные термодинамические поля ничтожных по сравнению с ней размеров, несущие энергию солнечного луча и им в ней создаваемые»¹.

Иные параметры термодинамического поля живого вещества связаны с дисимметричностью строительного материала для живого: используются либо только левые, либо только правые формы молекул (принцип Пастера). Видимо, это является одной из причин «замыкания» живого самого на себя и, как следствие, формирования особо организованного пространства. Неравенство в правых и левых формах молекул в живом дает начало полю, которое можно определить как асимметричное. В рамках его происходит реализация принципа Реди — «Все живое от живого», т.е., другими словами, *живое замыкается само на себя только через функцию размножения*.

Таким образом, поле самого живого вещества, выступая как определенным образом организованная среда, является асимметричным, что приводит к появлению неравновесности как внутри самого живого, так и в отношении с неживым

¹ Вернадский В.И. Биосфера. М., 1967.

окружением. *Связующим звеном живого со своим окружением выступает поле биосферы*, которое определяет область существования живых организмов на Земле. На различных уровнях организации живого поле биосферы реализуется в виде определенных условий жизни, экологических факторов. Можно сказать, что на уровне поля живого вещества реализуется принцип «порядок из порядка», а на уровне поля биосферы — «порядок из беспорядка» (Г.Гегамян).

В статье В.И.Вернадского «Изучение явлений жизни и новая физика», опубликованной впервые в 1931 г., поставлен вопрос: «...действительно ли науки о жизни ничего не могут коренным образом изменить в основных представлениях научного мироздания, в представлениях о пространстве, времени, энергии, материи и полон ли этот список основных элементов нашего научного мышления?»

Сам Владимир Иванович был глубоко уверен в отрицательности ответа на него. Он считал, что «отражение жизни в основных понятиях порядка мира заставляет вводить явления жизни в мироздание новой физики». Он сделал глубочайшее обобщение: «...элементы Космоса, строящие его бытие в микроскопическом разрезе, может быть, имеют глубокие аналогии с индивидуумами — организмами — жизни»¹. К сожалению, приходится констатировать, что научно воспринимаемый Космос и жизнь продолжают существовать порознь. Все еще недостает связующих звеньев. Возможно, что концепция поля живого вещества может быть одним из них. Другими звеньями могут быть не рассматриваемые нами принципы неопределенности и дополнительности, распространенные на макрообъекты.

Устойчивость биосферы

Понятие устойчивости не имеет установившегося определения, являясь в то же время кульминационной точкой всех взаимодействий. Можно говорить об устойчивости структуры, состояния, процесса, связи, многоплановой

¹ См.: Вернадский В.И. Изучение явлений жизни и новая физика. М., 1940.

устойчивости. Через все значения этого термина проходит идея «инвариантности». Она состоит в том, что природный объект или его представление в виде системы в целом, претерпевая какие-либо изменения, сохраняет при этом некоторые свойства (инварианты) неизменными. Поэтому при изучении устойчивости задача сводится к нахождению таких неизменных характеристик.

Устойчивость биосферы обусловливается постоянством и изменчивостью как живого вещества, так и его окружения. Согласно палеонтологическим данным, живое вещество существует на Земле около 3,8 млрд лет, что есть свидетельство его большой устойчивости ко всем изменениям в окружающем мире. Сохранение живого вещества за столь длительный период, видимо, есть следствие неизменности космического положения Земли, определяющего постоянство прихода на нее солнечной энергии (солнечная постоянная), которое в свою очередь определяет земные константы живого вещества: массы ($\sim 10^{12-13}$ т), запасенной энергии ($\sim 10^{18}$ ккал), среднего химического состава (O, H, C, N).

Устойчивость живого вещества, видимо, есть следствие неизменности проявлений его геохимической функции, реализуемой через питание, дыхание, размножение живых организмов. Известное в биологии значительное разнообразие форм проявления питания, дыхания, размножения живых организмов является основой устойчивости проявления геохимической функции живого вещества в целом. Следует заметить, что разнообразие по любому признаку не может быть бесконечным. Согласно правилу лимитирующего действия факторов, как недостаток, так и избыток разнообразия должны уменьшать устойчивость живого вещества.

При обсуждении проблемы устойчивости следует различать два ее типа: количественную и качественную (А.А.Богданов).

Количественная устойчивость проявляется в простом увеличении как форм, так и их оттенков в функциях питания, дыхания, размножения живых организмов, что в конечном итоге регистрируется как увеличение видового разнообразия. Этот этап полностью «контролируется» правилом лимитирующего действия факторов.

Качественная, или структурная, устойчивость является вторым этапом формирования общей устойчивости живого вещества. Фактически это означает, что устойчивость начинается поддерживаться другими способами, нежели простым увеличением числа видов. В основе, видимо, лежат процессы дифференциации и интеграции уже имеющихся видовых форм. Всякая дифференциация идет по пути образования взаимно дополнительных соотношений, что и повышает устойчивость. В свою очередь, интеграция усиливает связи, направленные на сохранение функциональной целостности и на ослабление внутренних противоречий.

В рамках качественной устойчивости можно выделить два ее типа:

- статическую, в основе которой — неподвижное равновесие, проявляющееся в появлении жестких конструкций: скелета, постоянных видов в биоценозе, централизация внутри- и межвидовых отношений и т.п.

- динамическую, реализуемую в виде подвижного равновесия (принцип Ле-Шателье — Брауна) и в виде периодической смены нарушений то в одну, то в другую сторону («порядок — беспорядок — порядок»).

Непрерывность существования живого на Земле в течение 3,8 млрд лет дает основание, с одной стороны, считать его весьма устойчивым компонентом структуры нашей планеты, а с другой — показывает, что за весь этот промежуток времени условия для проявления жизненных процессов не выходили за пределы поля существования жизни.

Стремительное, по геологическим масштабам времени, усиление перерабатывающей функции одного вида — человека ставит перед ним самим главный вопрос: не приведет ли этот процесс к выходу за пределы поля существования живого вещества на нашей Земле? Ответ может быть осмыслен как для всего живого, так и отдельно для человека. Выход за пределы поля существования жизни на Земле возможен в случае превращения планеты в рой астероидов. Теоретически человечество в состоянии накопить количество энергии, способное разорвать планету на куски. Судьба человечества в этом случае будет неотличима от судьбы всего живого. Вариант качественного изменения окружающей среды, и прежде всего воды, воздуха, почвы, не приведет к гибели всего живого. Произойдет

лишь смена видового состава. Человеку как виду одному из первых придется покинуть арену жизни, т.к. диапазон его выносливости весьма невелик. Нельзя же всерьез принимать индивидуальные и коллективные герметические убежища или скафандры как средство, обеспечивающее долгосрочное существование человечества.

Таким образом, экологические проблемы данного уровня взаимодействия живого со своим окружением — это проблемы стратегии выживания всего человечества. Эмпирически данная проблема находит свое решение в концепции устойчивого или экологически чистого развития (см. лекцию 1). Выход на первый план мысли как главной перерабатывающей силы настоятельно требует создания теории ноосферы. Некоторые трудности ее разработки будут подробнее освещены в лекции 10.

Сформулируем основные положения, рассмотренные в лекции:

1. Биосфера есть геологическая оболочка Земли, границы которой определяются наличием живых организмов.

2. В настоящее время существуют две основные концепции биосферы: географическая и биогеохимическая. В рамках каждой концепции биосфера имеет собственную структуру, что позволяет решать определенный круг задач.

3. В основу географической концепции положено учение о природных зонах. Основной круг проблем, решаемых в рамках данной концепции, связан с расчетами балансов энергии, различными аспектами районирования поверхности Земли.

4. В основе биогеохимической концепции лежит представление о живом веществе. В настоящее время разрабатываются отдельные направления этой концепции — энергетическое, информационное, социальное, рассматриваемые иногда как самостоятельные концепции.

5. Все живые организмы, взятые вместе, выступают как один тип вещества, характеризующийся массой, средним химическим составом, запасом свободной энергии.

6. Живое вещество выполняет на Земле единственную функцию — геохимическую, проявляющуюся в непрерывном изменении (переработке) окружающей его среды. Начинается она с превращения электромагнитного излучения

Солнца в энергию химических связей в процессе фотосинтеза зеленых растений и заканчивается растеканием живого вещества по поверхности Земли (агрессия жизни). Реализуется эта функция через питание, дыхание и размножение всех живых организмов.

7. Биосфера является полем существования жизни, рассматриваемым как определенным образом организованная среда, служащая связующим звеном между живым и косным веществом. Само живое вещество имеет свое собственное внутреннее поле, резко отличное от поля биосферы, т.к. состоит только из левых или только из правых форм молекул, а не рацемических смесей. В рамках поля живого вещества реализуется принцип Реди — «все живое от живого». Замыкание живого вещества на самого себя осуществляется только через функцию размножения, которая в конечном итоге выступает регулятором проявления геохимической функции живых организмов.

8. Биосфера эволюционирует как целостное образование. В.И.Вернадский установил три правила ее изменения: постоянства химического базиса эволюционного процесса; направленности эволюционных изменений; полной заселенности Земли во все геологические времена. Особое значение имеет правило направленности эволюционных изменений, т.к. устанавливает связь между эволюцией биосферы в целом и судьбой отдельного вида. Применительно к человеку из этого правила следует вывод о трансформации биосферы в ноосферу, т.к. у этого вида главной перерабатывающей силой становится научная мысль.

9. Почти 4 млрд лет непрерывного существования живого на Земле позволяет считать, что живое вещество является весьма устойчивым компонентом нашей планеты. Неоднократные смены видового состава являются подтверждением этого вывода.

Лекция 6. СИНЭКОЛОГИЯ

Ах, эта среда обитания!
Все связаны между собой
Обменом, цепями питания,
Составом, структурой, судьбой.

Е. Николаевская

Взаимодействие живых организмов с окружающей средой, когда живое представлено биоценозом. Типы объединений живых организмов. Характеристика биоценоза как целостного образования. Структура биоценоза: пространственная, временная, трофическая. Судьба вида в биоценозе: концепция экологической индивидуальности и концепция экологической ниши. Устойчивость биоценоза. Поле биоценоза и его характеристика. Экологические проблемы, решаемые на данном уровне взаимодействия живого со своим окружением.

Синэкология (от греч. *syn* — вместе) — раздел экологии, изучающий взаимоотношения живых организмов, представленных в экосистеме надвидовыми объединениями, с окружающей их средой. Понятие введено в 1896 г. ботаниками К. Шретером и О. Кирхнером.

Одним из эмпирических обобщений биологии является представление о том, что живые организмы предпочитают жить группами. Это свойство проявляется как на внутривидовом, так и на надвидовом уровне. Причины, вызывающие объединение в группы, различны. В общем виде они могут быть случайными (временными) и постоянными. В случае если причина, вызвавшая объединение организмов, случайна и кратковременна, то говорят о скоплении. Основная особенность скопления в том, что группа есть, а связей внутри нее нет, и скопление исчезает, как только перестает действовать причина. Например, скопление летней ночью разнообразных насекомых вокруг электрической лампочки. Стоит ее выключить — и группа рассыпается. Постоянно и длительно действующие причины вызывают объединение в группы, которые могут носить различные названия: сообщества, ассоциации, население, консорции, синузии и т.п. Наиболее общим и удачным следует признать предложенный в 1877 г.

гидробиологом К.Мебиусом термин *биоценоз*¹. Под этим термином понимают *совокупность популяций видов, связанных взаимной зависимостью и выступающих как единое целое на определенном участке земной поверхности.*

По отношению к этому термину перечисленные выше названия и другие, отражающие различные стороны объединения, могут рассматриваться как частные.

Разнообразие живых организмов в каждом конкретном месте может быть следствием, по крайней мере, трех основных причин.

1. Климатические условия. Как уже отмечалось в лекции 3, нет ни одного вида живых организмов, способного переносить все условия, существующие на Земле. Климат, выступая как интеграционная характеристика условий, в значительной мере определяет видовой состав биоценозов. Особенно отчетливо это проявляется при выделении крупных объединений — биомов, характерных для климатических зон. Пространственная неоднородность, и прежде всего рельеф, создает большое разнообразие вариаций климатических условий в пределах биома и как следствие разнообразие биоценозов.

2. Исторические процессы. Формирование любого биоценоза — процесс длительный, проходящий определенные стадии, отличающиеся друг от друга видовым составом. Подробнее этот процесс будет рассмотрен ниже, т.к. он получил в экологии особое название — сукцессия.

3. Биотические взаимодействия. Под этим названием объединяются все формы межвидовых отношений. В общем плане они могут быть положительными, отрицательными и нейтральными. В биологии выделены следующие группы взаимоотношений между видами в биоценозе: конкурентные (отрицательные); совместное проживание без наличия пищевых отношений (квартиранство), например мшанки на панцирях крабов; взаимничество (положительное) — симбиоз, мутуализм, например растения с азотфиксирующими бактериями, грибами; разные формы взаимоотношений с односторонней пользой: паразитизм, хищничество; нахлебничество (комменсализм и аменсализм), например рыба лоцман с акулой, птицы с млекопитающими и рептилиями.

¹ См.: *Möbius K. Die Auster und Austerwirtschaft. B., 1877.*

Характеристика биоценоза

В рамках учения о биосфере биоценоз есть неоднородное живое вещество. Рассмотренные выше (см. лекцию 5) основные характеристики живого вещества могут быть применены и к нему.

Определить *массу* биоценоза прямым взвешиванием можно только путем его полного уничтожения, что невозможно как физически, так и нравственно. Обычно используют косвенный метод — составляя списки видов, входящих в конкретный биоценоз. Этот метод, кроме того что не требует уничтожения биоценоза, дает еще возможность достаточно легко получить сопутствующие характеристики, имеющие значения для решения практических задач. К ним следует отнести *обилие* и *постоянство*.

Обилие. Определяется как число особей вида на единицу площади или объема. Это своего рода характеристика представительства (численности) вида в конкретном биоценозе. Там, где прямой подсчет затруднен, применяют обычно балльную оценку, определяемую чаще всего визуально. Качественным определениям присваивают соответствующий балл. Например, отсутствие вида — 0, редко, рассеянно встречающийся вид — 1, вид встречается довольно часто — 2, часто встречающийся вид — 3, вид, составляющий общий аспект биоценоза, — 4 балла. Степень дробности устанавливается исследователем.

Постоянство. В зависимости от решаемых задач устанавливается процент встречаемости видов в пробах. Например, можно принять, что если вид встречается в 50% проб и более, то считать его постоянным; если в интервале от 25 до 50% проб, то его можно рассматривать как добавочный; менее чем в 25% проб — случайным для данного биоценоза. Характеристика позволяет выделить виды, составляющие основу конкретного биоценоза. Дальнейшая редукция показателя приводит к выделению одного-двух видов, определяющих основные процессы в биоценозе. Такие виды получили название доминантов. По ним часто дают и название биоценозу. Например, ельник зеленомошный; пихто-ельник крупнопоротниковый и т.п.

Видовое богатство биоценоза обозначается термином «разнообразие». Существует значительное количество попыток



Карл Мёбиус
(1825–1908)



Фредерик Клементс
(1874–1945)

выразить его в расчетной форме. Чаще всего пользуются вариантом, предложенным еще в 40-е гг. Фишером, Корбетом, Уильямсоном:

$$S = a \log\left(1 + \frac{N}{a}\right),$$

где S — число видов; N — число особей; a — показатель разнообразия.

Определив S и N в конкретном биоценозе, рассчитывают показатель разнообразия a . По нему можно сравнивать видовое богатство разных биоценозов, изменение его в результате каких-либо воздействий.

Исследования множества биоценозов позволили сформулировать правило, известное в экологии как биогеоценотический принцип Тинеманна: **«При благоприятных условиях среды наблюдается большое число видов, каждый из которых представлен небольшим числом особей».**

Неблагоприятные условия среды приводят к уменьшению числа видов, но зато оставшиеся увеличивают свою численность. Выделенный принцип есть одна из форм проявления закона сохранения энергии.

Средний химический состав как характеристика биоценоза не получил еще достаточного распространения в экологии, что, возможно, связано с огромным объемом аналитической работы по определению элементного и органического состава отдельных биоценозов.

Запас свободной энергии как характеристика биоценоза практически не изучен. Следуя логике биосферной концепции, данный показатель должен давать сведения о репродукционном потенциале выделенного биоценоза. Будет ли он простой суммой репродукционных способностей видов, входящих в него, будет больше или меньше ее — вопрос остается открытым. Биомасса, представляемая иногда в виде запаса энергии, определяемая с помощью калориметров, характеризует общее количество энергии в живом, а не ту ее часть, что расходуется на растекание по поверхности Земли.

Распределение видов в пространстве и во времени образует соответствующие структуры биоценоза, которые также могут выступать характеристиками биоты при выделении экосистемы.

Пространственная структура определяется расположением особей разных видов относительно друг друга в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Распределение видов по вертикали выражается в форме ярусности, что обеспечивает более полное использование среды и как следствие более высокую продуктивность. Наиболее отчетливо она выражена в лесах, где можно выделить: наземный ярус, состоящий в основном из мхов и лишайников; травянистый; ярус кустарников и наконец — древесный, состоящий из высоких деревьев. На ярусность растительности накладывается соответствующее распределение фауны, хотя оно не выражено столь отчетливо. В почве также можно выделить горизонты по степени насыщенности корнями.

Горизонтальная компонента пространственной структуры биоценоза выражается разной степенью неоднородности видового состава, которая обусловлена в основном формами рельефа, почвенными разностями, особенностью гидрологического режима.

Изменение во времени видового состава биоценоза определяет его **временную структуру**, или **сукцессию**.

Причиной сукцессии являются процессы, протекающие как внутри самого биоценоза, так и в окружающей его среде. Считается, что физическая среда определяет характер, скорость и пределы изменения видового состава. Пределом сукцессии является стабилизированный, или климаксовый, биоценоз, в котором на единицу приходящего потока энергии приходится максимальная биомасса.

Если изменения в составе биоценоза определяются преимущественно межвидовыми взаимодействиями, то выделяют *аутогенную*, или самопорождающуюся, сукцессию.

В случае регулярного воздействия внешних сил — штормов, пожаров, наводнений и т.п. — видовой состав формируется в ходе *аллогенной*, или порожденной извне, сукцессии.

Наблюдать сукцессию можно всегда там, где по каким-либо причинам произошло полное или частичное уменьшение видового состава. В случае появления нового образования (это могут быть застывшие лавовые потоки, отвалы открытых разработок, шламохранилища и т.п.), освоение его живыми организмами рассматривается как *первичная* сукцессия. Распаханное и заброшенное сельскохозяйственное поле, восстановление леса после пожара, временная лужа, оставшаяся после дождя, заполненное водохранилище, экскременты животных и т.п. являются объектами для атаки новых видов, а сам процесс носит название *вторичной* сукцессии.

Если сукцессия начинается в условиях превышения производства продукции (P) над расходами на собственные нужды (R), то она носит название *автотрофной*. Начинается она обычно с растений-первопоселенцев, обладающих большой репродуктивной способностью, а затем проходит ряд стадий. Общая схема для лесной зоны может быть представлена следующим образом: однолетние травы — многолетние травы — кустарники — лес.

Скорости процессов, наборы видов, конечная стадия будут определяться как начальными условиями биотической компоненты — степенью повреждения предыдущего растительного покрова, наличием семян, спор и других зачатков, так и физическими условиями среды — количеством тепла, влаги, доступностью химических элементов и т.д. Такой тип сукцессии может продолжаться неопределенно долго, т.к. источником энергии для нее является солнечный луч.

Автотрофная сукцессия может рассматриваться как модель развития, основанная на непрерывном притоке энергии.

В 1912 г. Л.Л.Вудрефф обнаружил, что если дать постоять сенному отвару, а потом добавить немного прудовой воды, то в нем начнутся последовательные «вспышки» численности отдельных видов (рис. 6.1).

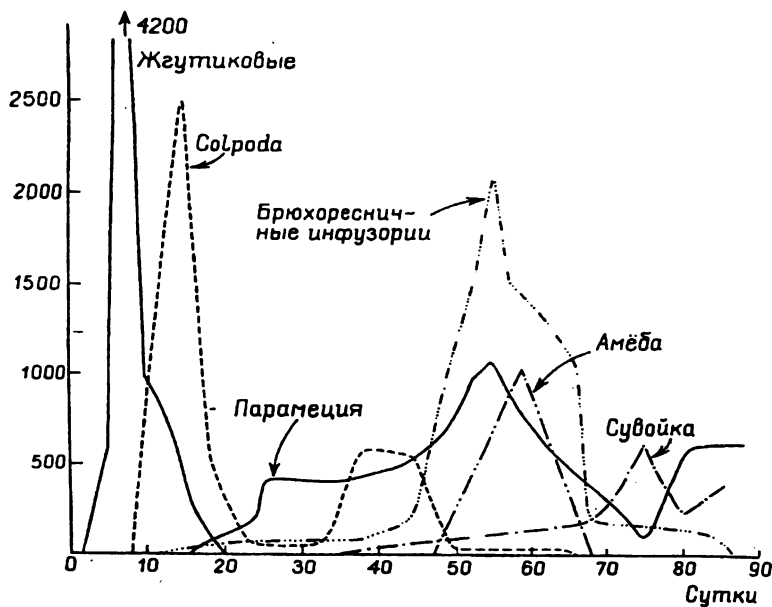


Рис. 6.1. Последовательность смены видов простейших в настое сена (по Л.Л.Вудреффу)

Эта классическая работа привела к выделению другого типа сукцессии — *гетеротрофной*¹. Источником энергии в ней выступают сами живые организмы — бактерии и простейшие. Если не добавлять свежий сенной отвар и не вводить автотрофные организмы, то сукцессия быстро закончится ввиду истощения энергетических ресурсов. Аналогичные процессы происходят в разлагающихся трупах растений и животных, в биоценозе активных илов биологической очистки сточных вод. Этот тип сукцессии может служить

¹ См.: Woodruff L.L.// J. Exp. Zool. 1912. V. 12. P. 205–264.

моделью развития, построенного на исчерпаемых (невозобновимых) природных ресурсах.

Наблюдения за сменой видов в различных биоценозах показывают, что некоторые его свойства изменяются в одном направлении для любого типа сукцессий:

1. Возрастает количество органического вещества и видовое разнообразие.

2. Пищевые взаимоотношения усложняются. Увеличивается роль детритоядных организмов.

3. Усиливается процесс специализации видов. Круговорот веществ удлиняется и усложняется.

4. Отношение произведенной продукции (P) к расходам на самоподдержание (R) стремится к единице.

В водоемах, проточных и стоячих, изменение биоценоза осложнено притоком вещества с берегов. По экспертным оценкам, жизнь реки зависит на 50% от состояния ее берегов.

В результате сукцессии в водоемах происходит увеличение подвижных форм фито- и зоопланктона, изменение химического состава планктона.

В 1916 г. Ф.Клементс, изучая развитие растительности, сформулировал концепцию зрелого (климаксового) сообщества как некой естественной единицы:

«Подобно организму, формация (биоценоз) возникает, растет, достигает зрелости и умирает. ...Каждая климаксовая формация способна воспроизводить себя, достаточно точно повторяя стадии своего развития. Жизненный цикл данной формации — сложный, но вполне определенный процесс, сравнимый в своих основных чертах с жизненным циклом отдельного растения»¹.

Установление факта непрерывного изменения видового состава биоценозов привело к изменению взглядов на конечные стадии сукцессии, а многие исследователи вообще отказались от этой концепции. Ввиду разнообразия условий на Земле достигнуть единого зрелого состояния для всего живого принципиально невозможно. В то же время в локальных условиях может быть достигнуто такое состояние, когда количество производимой продукции и расходы

¹ См.: Clements F.E., Sheeford V.E. Bioecology. N. Y., 1939.

на собственные нужды будут максимально близки. Для обозначения такой стадии сукцессии используется термин *климатический оптимум*.

Палеонтологическая летопись, несмотря на свою неполноту, позволяет проследить за характером изменения разнообразия отдельных групп живых организмов в эволюционное время.

Как видно из рис. 6.2, видовой состав растений за 600 млн лет изменялся достаточно сильно как минимум 4 раза: силур — средний девон характеризуется преимущественным развитием древнейших сосудистых растений; в позднем де-

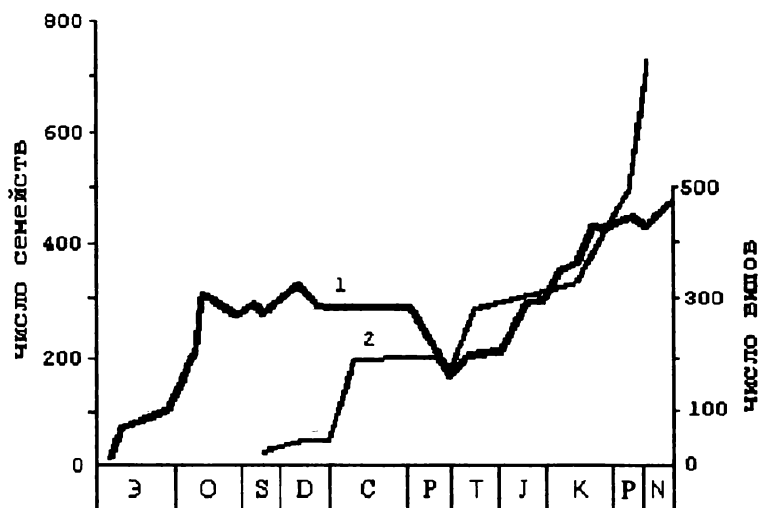


Рис. 6.2. Изменение разнообразия палеонтологических остатков различных групп: 1 — семейства мелководных морских беспозвоночных (Valentine, 1970); 2 — виды наземных растений (Niklas et al., 1970); Э — кембрий, О — ордовик, S — силур, D — девон, C — карбон, P — пермь, Т — триас, J — юра, K — мел, P — палеогеновый, N — неогеновый периоды¹

¹ См.: Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К. Экология особи, популяции, сообщества. М., 1989. Т. 2. С. 384. (Рисунок приводится с изменениями.)

воне и карбоне появляются папоротникообразные и начинают проявляться семенные, прежде всего в виде голосемянных; с мела доминируют в растительном покрове цветковые растения. В пермское время отмечается резкое сокращение числа семейств мелководных беспозвоночных, что, возможно, есть следствие уменьшения площади мелководных морей ввиду образования суперконтинента — Пангеи. Расхождение материков вновь приводит к появлению мелководий и увеличению разнообразия беспозвоночных. Таким образом, ископаемые остатки свидетельствуют о постоянно идущем процессе изменения видового состава живого вещества, в ходе которого есть моменты резкой смены и периоды относительного затишья.

Быстрая смена видового разнообразия («эволюционный взрыв») связана с процессами в окружающей среде: изменением концентрации кислорода в атмосфере, похолоданием и потеплением и т.п. В периоды относительного затишья изменение видового состава носит локальный характер. Оно происходит и в настоящее время. Поэтому распространение одних групп живых организмов и исчезновение других с поверхности Земли есть естественный процесс. Деятельность человека вносит соответствующие коррективы: «помогает» одним видам быстрее уйти с арены жизни, освобождая ее для других.

Подводя итог обсуждения временной структуры биоценоза, можно сформулировать следующие основные эмпирические обобщения:

- Изменение видового состава живого вещества есть естественный процесс, реализуемый как в глобальном, так и локальном масштабе.

- Сменяемость видов в отдельных биоценозах происходит в одном направлении: виды с быстрым ростом и большой выносливостью сменяются видами с более медленным ростом и высокой конкурентной способностью.

- Каждый вид изменяет окружающую среду, нередко на собственную гибель и благо для других видов.

- Предельное (климаксовое) сообщество не есть нечто единое для всей Земли, а представляет собой реализацию в каждом конкретном месте максимально возможного приближения к равенству между приходом энергии и ее расходом на самоподдержание биоценоза.

Поток вещества и энергии проявляется в биоценозе как **трофическая** структура. В общем виде этот вопрос рассмотрен в лекции 4. В настоящей лекции будут обсуждены более частные вопросы реализации потоков вещества и энергии в наземных и водных биоценозах.

«Избыток» потомков как следствие геометрической прогрессии размножения живых организмов лежит в основе формирования трофической структуры биоценоза.

Для ее характеристики используются следующие понятия:

Пищевая цепь — ряд живых организмов, в котором одни организмы поедают предшественников по цепи и в свою очередь оказываются съеденными теми, кто следует за ними.

Пищевая сеть — разветвленная система пищевых цепей.

Трофический уровень — совокупность всех живых организмов, принадлежащих к одному звену пищевой цепи.

В зависимости от того, с чего начинаются пищевые цепи, выделяют два основных типа: цепи продуцентов и детритные цепи.

1. Цепи продуцентов начинаются с живых растений и носят название пастбищных.

Продуценты — организмы, способные накапливать солнечную энергию в форме химических связей. В наземных биоценозах в настоящее время такой синтез осуществляют в основном цветковые растения. Вклад других групп растений — мхов, папоротников — значительно меньше. В водной среде главная роль принадлежит планктонным водорослям. Водные цветковые и бентосные водоросли имеют меньшее значение. К продуцентам относятся и хемосинтезирующие бактерии, использующие для первоначального образования органических веществ энергию окисления субстратов. Совокупность всех живых организмов, осуществляющих первичное преобразование внешней энергии в энергию химических связей живого вещества, образует первый трофический уровень.

Второе звено пищевой цепи образуют те организмы, которые питаются продуцентами. Их называют *консументами первого порядка*. В наземных условиях к ним относятся травоядные животные (грызуны, копытные, насекомые), а в водной среде — это преимущественно мелкие ракообразные, моллюски и другие организмы, живущие за счет фитопланктона. Все организмы, питающиеся продуцентами, образуют второй трофический уровень.

Третье звено пищевой цепи, а следовательно и трофический уровень, образуют плотоядные формы, относящиеся к разным систематическим группам. Это уровень *консументов второго порядка*: хищников и паразитов. Разница между ними в том, что хищник ловит и убивает свою жертву, прежде чем ее съесть, а паразит чаще всего не доводит до гибели своих хозяев, тканями которых питается. Существенная разница в пищевых цепях хищников и паразитов заключается в том, что в первых по мере продвижения по цепи животные становятся все более крупными (например, трава — заяц — лиса), но при этом уменьшаются численно, а во вторых — наоборот, происходит уменьшение организмов в размерах при увеличении численности (например: трава — травоядное млекопитающее — блохи — *Leptomonas*).

Логика пищевой цепи позволяет продолжить этот ряд и выделить консументы третьего и следующих порядков. Но начиная со второго звена пищевые цепи превращаются в пищевые сети, т. к. появляются животные, которые могут одновременно выступать как травоядные и хищники.

2. Детритные цепи начинаются с мертвого растительного и животного материала. В общей трофической структуре биоценоза детритоядные организмы являются консументами. К ним относятся такие распространенные виды, как крабы, грифы, бактерии, грибы, различные трупоеды среди насекомых и т.п.

Растения в наземных биоценозах продуцируют значительное количество неперевариваемой опорной ткани, которая после отмирания потребляется детритоядными организмами. По некоторым оценкам, более 90% чистой первичной продукции леса потребляется детритоядными и менее 10% — растительноядными.

Трофическая структура Мирового океана строится на основе огромной скорости размножения фитопланктонных организмов (табл. 6.1).

Под влиянием силы тяжести органическое вещество в виде экскрементов и трупов растений и животных опускается вниз («дождь трупов»). Основная биомасса сосредоточена в слое до 500 м. На каждый следующий метр глубины биомасса уменьшается на 0,2—0,3% от величины в верхнем слое, и на глубине 6000—8000 м она оказывается в 1000 раз меньше, чем на

**Таблица 6.1. Годовая продукция основных продуцентов
и консументов Мирового океана**

Группа организмов	Биомасса, млрд т	Продукция, млрд т/год
Продуценты:	•	
Фитопланктон	1,5	550,0
Фитобентос	0,2	0,2
Консументы:		
Зоопланктон	21,5	53,0
Зообентос	10,0	3,0
Нектон	1,0	0,2

поверхности. Поэтому количество глубоководных животных, питающихся детритом, сравнительно невелико.

На глубинах свыше 4000 м, ввиду очень низкой плотности жизни, хищничество, даже пассивное, оказывается энергетически невыгодным и остаются только детритоядные формы.

В каждом биоценозе оба типа цепей образуют сложнейшую систему пищевой сети. В ее рамках четкое выделение трофических уровней становится невозможным, и это понятие превращается в абстракцию, полезную для понимания общей трофической структуры биоценоза, в частности для оценки экологической эффективности как всего сообщества, так и его отдельных звеньев при моделировании экосистемных взаимодействий.

Относительное количество энергии, передающейся с одного трофического уровня на другой, называется экологической эффективностью биоценоза (или пищевой цепи). Зависит она от способности организмов превращать потребляемую пищу в собственную массу.

Общий поток энергии и эффективность его перемещения определяют: число трофических уровней, запас биомассы, накопление детрита и скорость круговорота органических веществ в биоценозе. Считается, что накопление биомассы и детрита в сочетании с низкой скоростью круговоротов ведет к стабилизации сообщества, нивелируя кратковре-

менные колебания в потоке энергии. Поступление и расходование энергии в сообществе подвержены регулярным суточным и сезонным колебаниям. В целом же за достаточно длительный период приход энергии должен быть равен расходу. Непериодические воздействия (ураган, резкое похолодание или потепление и т.п.) компенсируются запасенной биомассой и детритом.

Р.Л.Линдемманн предпринял одну из первых попыток описать поток энергии в целом сообществе¹. Он оценил его по чистой продукции, которая может быть определена на каждом трофическом уровне:

Продуценты	704 ккал/м ² год
Консументы 1-го порядка	70 ккал/м ² год
Консументы 2-го порядка	13 ккал/м ² год

Полученные результаты дали ему основание сформулировать правило, согласно которому только около 10% энергии переходит с одного трофического уровня на другой. Дальнейшие исследования показали, что этот процент изменяется в зависимости от типа пищевой цепи, видов животных, составляющих ее, и колеблется в широком интервале. Например, использование растительными организмами чистой первичной продукции в зрелом листопадном лесу составляет 1,5%, а фитопланктона в Океане может достигать 60% и более. Р.Риклефс (1979) попытался на основании чистой первичной продукции, средней экологической эффективности и среднего потока энергии через звено хищников рассчитать среднюю длину пищевых цепей в разных биоценозах (табл. 6.2).

Более длинные пищевые цепи в водной среде, видимо, есть следствие более быстрого переноса энергии от одного трофического уровня к другому. В наземных сообществах значительная часть энергии быстро рассеивается в виде тепла, снижая общую эффективность, а оставшаяся энергия может достаточно долго храниться в виде опорных тканей растений и органического детрита в почве.

¹ См.: Линдемманн Р.Л. Трофико-динамическое направление в экологическом исследовании // Успехи совр. биол., 1943. Т. 16, вып. 5. С. 552–570.

Таблица 6.2. Энергетика сообщества и среднее число трофических уровней в различных сообществах¹

Сообщество	Чистая первичная продукция, ккал/м² год	Поглощение хищниками, ккал/м² год	Экологическая эффективность, %	Число трофических уровней
Открытый океан	500	0,1	25	7
Морское побережье	8000	10,0	20	5
Сообщества умеренной зоны	2000	1,0	10	4
Тропический лес	8000	10,0	5	3

Сравнительных исследований, рассматривающих одновременно потоки энергии на всех трофических уровнях в биоценозе, немного. М.Бигон и др. (1989) провели анализ таких работ, что позволило сделать им несколько обобщающих заключений.

1. Вероятно, большая часть вторичной продукции в любом из сообществ планеты, а следовательно и потеря тепла при дыхании, приходится на систему редуцентов.

2. Роль консументов наиболее важна в планктонных сообществах, где значительная доля чистой первичной продукции может потребляться в живом виде и ассимилироваться с большей эффективностью.

3. Энергетической базой небольших рек и прудов является образующееся на суше мертвое органическое вещество, которое падает, смывается, сдувается в воду.

4. Трофическая структура глубоководного бентосного сообщества похожа на ту, что формируется в мелких прудах и небольших ручьях.

¹ См.: Риклефс Р. Основы общей экологии. М., 1979.

5. Океаническое дно — аналог лесной подстилки под непроницаемым для света пологом.

Жизнь на Земле возможна только благодаря непрерывному поступлению энергии Солнца. Каждый джоуль энергии используется только один раз. Химические элементы как компоненты живого вещества используются многократно, меняя молекулы, в которые входят.

Общие сведения о круговоротах даны в лекции 4. Рассмотрим ситуацию в малом (биотическом) круговороте. Ассимиляция и создание продукции сопровождается переходом минеральных веществ из неорганического блока в органический в круговоротах таких элементов, как углерод, кислород, азот, фосфор, сера. Другие необходимые элементы, такие как натрий, калий, кальций, поступают непосредственно с водой.

Пути вещества и энергии в биотическом цикле совпадают. Они расходятся тогда, когда вещество выходит из биотического цикла, а энергия выделяется в виде тепла. Рассмотрим этот процесс на примере углерода. Включается он в трофическую структуру биоценоза путем фиксации углекислого газа в процессе фотосинтеза и входит в чистую первичную продукцию, становясь доступным в составе органических соединений: сахаров, белков, жиров, целлюлозы. Далее углерод проходит такой же путь, что и энергия, последовательно потребляясь, выделяясь с экскрементами, входя в состав вторичной продукции одной из трофических групп организмов. В конце концов молекула, включающая углерод, поглощенный в фотосинтезе, используется полностью и он вновь поступает в атмосферу в виде углекислого газа как продукт тканевого дыхания, а энергия в виде тепла. Далее тепловая энергия постепенно рассеивается в окружающей среде, а углерод вновь может быть фиксирован в процессе фотосинтеза.

Преобразование органических соединений, содержащих азот, фосфор, серу, происходит несколько замедленно по сравнению с углеродом, т.к. эти элементы необходимы для синтеза структурных белков, ферментов и других органических молекул, формирующих структурные и функциональные компоненты живых тканей. Поэтому среднее время их пребывания в цикле больше, чем энергии. Судьбы кислорода и водорода связаны с движением воды через живые организмы и включением этих элементов

в органические соединения. Обновление воды, ввиду ее испарения и выделения из живого, осуществляется очень быстро, и поэтому судьба элементов, участвующих в этом процессе, будет иной, нежели тех, что вошли в состав органических соединений.

Судьба вида в биоценозе

Виды, составляющие каждый конкретный биоценоз, различаются своими требованиями к окружающей среде. Поэтому биологические особенности вида лежат в основе его экологической индивидуальности в структуре биоценоза. Своеобразие видов проявляется в различных требованиях к вещественным и энергетическим условиям среды, необходимым для роста и развития; в темпах размножения как основной функции, обеспечивающей положение вида в сообществе.

Попытки объяснить судьбу вида в биоценозе привели к формированию концепции стратегий вида и концепции экологической ниши.

В начале XX в. Л.Г.Раменский сформулировал концепцию *экологической индивидуальности вида*, основанную на идее конкурентных отношений за вещественные и энергетические ресурсы в каждом конкретном месте земной поверхности. Ему удалось выделить три основных типа стратегии:

— Виды, обладающие высокой конкурентоспособностью и энергией жизнедеятельности, полнотой использования ресурсов среды. Он дал им название *виоленты* и более образное — «львы». Это абсолютные конкуренты, способные вступать в борьбу за жизненный успех со всеми другими видами. Число их, видимо, невелико.

— Виды, обладающие низкой конкурентоспособностью, но зато быстро осваивающие новые территории. Они получили название *эксплеренты*, или «шакалы». Это пионерные виды. Они быстро заселяют свободные территории, но так же быстро и уходят с них. Число их тоже невелико.

— Виды, обладающие большой выносливостью в экстремальных условиях, получили название *пациенты* («верблюды»). Это основная масса видов. Различные группы

пациентов могут обладать чертами как виолентов, так и эксплерентов. Т.А.Работнов, разрабатывая данную концепцию, пришел к выводу, что виолентность, пациентность, эксплерентность присущи не только виду в целом, но проявляются и на уровне отдельных популяций и особей.

Э.Пианка предложил другой подход к выделению стратегий вида, основанный на учете доли энергии, используемой на размножение, от общих затрат на жизнедеятельность¹. В рамках этой концептуальной основы появились представления о *к*- и *г*- стратегиях. Общие характеристики видов, обладающих такими стратегиями, приведены в табл. 6.3. Дальнейшая разработка этой концепции привела к выделению промежуточных вариантов с различным сочетанием свойств обеих стратегий.

В общем плане *г*-стратегия характеризуется большим энергетическим вкладом в производство потомства, а *к*-стратегия — затратами на поддержание жизненной активности, т.е. на рост и поддержание во взрослом состоянии.

Другая концепция основана на понятии *экологическая ниша*. Термин «ниша» впервые применил для обозначения самой малой единицы распространения вида Р.Джонсон в 1910 г.² Через 17 лет, в 1927 г., Ч.Элтон отметил функциональный аспект этого термина и определил его как место вида в структуре биоценоза. Идея экспериментально исследована Г.Ф.Гаузе³, Т.Парком и др., что позволило сформулировать эмпирическое обобщение: «полные конкуренты не могут существовать бесконечно». Из обобщения следует, что если два вида существуют вместе, то между ними должно быть какое-то биологическое различие, обуславливающее различные экологические ниши обоих видов.

Д.Хатчисон (1958) считал, что нишу следует определить в рамках всего диапазона физических, химических, биотических переменных среды. В идеале каждую такую переменную можно рассматривать как некий градиент, на котором у каждого вида имеется свой диапазон активности.

¹ См.: Пианка Э. Эволюционная экология. М., 1981.

² См.: Caffney P.M. Roots of the niche concert // Americ. Natur. 1975. V. 109, № 968. P. 490.

³ См.: Гаузе Г.Ф. Исследование над борьбой за существование в смешанных популяциях // Зоол. журн. 1935. Т. 14, вып. 2. С. 243—270.

**Таблица 6.3. Общая характеристика видов,
обладающих разными стратегиями**

г-виды	к-виды
Размножаются быстро	Размножаются медленно
Скорость размножения не зависит от плотности	Скорость размножения зависит от плотности
Потомков много. Отсутствует забота о потомках	Потомков немного. Забота о потомстве
Вид не всегда устойчив на данной территории	Вид устойчив
Расселяются широко. У животных может мигрировать каждое поколение	Расселяются медленно
Малые размеры особей	Крупные размеры особей
Небольшая продолжительность жизни отдельной особи	Большая продолжительность жизни отдельной особи
Местообитание сохраняют недолго	Местообитание устойчиво
Слабые конкуренты	Сильные конкуренты
Слабые защитные приспособления	Хорошие защитные механизмы
Не становятся доминантами	Могут становиться доминантами
Слабая специализация	Высокая специализация

Ю.Одум (1971) настаивает на придании нише функционального аспекта («профессии» вида в биоценозе), оставив остальные аспекты в рамках понятия «местообитание».

В общем плане, видимо, следует рассматривать *экологическую нишу как процесс дифференцировки пространственно-временных отношений между видами, составляющими конкретный биоценоз.*

Теоретически, при исключении всяких давлений извне, каждый вид способен освоить всю совокупность условий в конкретном месте. Это его потенциальная, или *фундаментальная*, ниша. Наличие других видов не позволяет ее реали-

зовать в полной мере. Поэтому *реальная* экологическая ниша всегда будет частью фундаментальной. В ходе процесса дифференцировки пространства, занятого биоценозом, экологические ниши видов могут проявляться как независимые, с разной степенью перекрытия, и ниша одного вида может находиться внутри ниши другого.

Концепции экологической индивидуальности вида и экологической ниши, рассматривая разные стороны судьбы вида в биоценозе, дополняют друг друга. Остается неразработанным вопрос о роли стратегий видов в формировании структуры биоценоза: как виды с разной стратегией формируют ниши; чем отличаются экологические ниши видов разных стратегий; за счет особенностей каких стратегий решаются те или иные вопросы взаимоотношений с окружающим миром.

Устойчивость биоценоза является характеристикой, наиболее интересной для оценки его связей с окружающей средой, т.к. она выступает как высший интегральный показатель всех процессов, протекающих внутри биоценоза.

До 70-х гг. считалось, что устойчивость сообщества определяется видовым разнообразием: чем больше видов, тем устойчивей биоценоз к различным внешним воздействиям. Теоретическое осмысление этой идеи, разработанные разнообразные математические модели, экспериментальные исследования и наблюдения в природе привели к формированию трех основных взглядов на данную проблему:

- устойчивость биоценоза повышается с увеличением видового разнообразия;
- устойчивость биоценоза снижается с увеличением видового разнообразия;
- устойчивость всех биоценозов Земли примерно одинакова, то есть является некоторой константой.

Каждая из этих точек зрения имеет своих сторонников и противников и, что особенно важно отметить, определенную систему доказательств: от теоретических посылок, математических моделей до наблюдаемых явлений в природе. М.Бигон, проведя достаточно большой анализ данной проблемы, заканчивает его следующими словами:

«...ясно одно: такой вещи, как устойчивость сообщества, вообще попросту не существует. Этот параметр зависит

от исследуемого компонента системы и характера нарушения»¹.

Рассмотрение биоценоза как биотической компоненты экосистемы позволяет несколько прояснить этот вопрос. Поскольку экосистема есть мыслительная конструкция, выделяемая каждый раз для решения конкретной задачи, то и характеристика ее устойчивости определяется также в рамках задачи.

Поле биоценоза есть организуемое им пространство, в пределах которого наиболее отчетливо проявляется его действие. Для описания используются такие термины, как местообитание, биотоп, экотоп, стация. Основное требование, выдвигаемое при превращении этих терминов в понятие, сводится к однородности условий пространства, занятого живыми организмами. Независимо от принимаемых границ биоценоза (от биома природных зон до сообщества отдельного пня и т.п.) однородность будет характеризоваться средними величинами освещенности, влажности, температуры и другими показателями, определяющими внешнюю среду. Организующее воздействие биоценоза проявляется в изменении этих средних величин.

Биоценоз как биотическая компонента экосистемы всегда занимает какую-либо площадь или объем. Поэтому любые формы использования человеком территорий невозможны без воздействия на живой мир. Градостроительство и размещение объектов промышленного и сельскохозяйственного назначения, прокладка транспортных магистралей, мелиоративные мероприятия разного ранга, использование лесных массивов, пастбищ, лугов, болот и т.д.— все эти действия человека теснейшим образом связаны с данным уровнем взаимоотношений живого со своим окружением. Интегрирующая роль экологии при разработке и реализации проектов использования территорий проявляется наиболее отчетливо. Необходимость учета состояния живых организмов при любых преобразованиях отдельных территорий, от крупных регионов до отдельного участка леса, луга, пашни, болота, выдвинула перед человечеством ряд

¹ См.: Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К. Экология особи, популяции сообщества. М., 1989. Т. 2. С. 347.

новых задач, таких как составление экологического кадастра, слежение за состоянием отдельных природных объектов и территорий (экологический мониторинг), разработка новых, экологически обоснованных нормативных актов (от ГОСТов до статей в Конституции), разработка новых технологических схем, уменьшающих степень воздействия на живое, и т.д. Проведение экологической экспертизы любых действий человека — от возникновения идеи и ее возможных последствий для живых организмов до натурной реализации любого проекта — является первым шагом на пути к экологически чистому развитию человеческого общества.

Сформулируем основные положения данной лекции:

1. Синэкология — раздел экологии, изучающий экосистемы, в которых живая компонента представлена надвидовым образованием — биоценозом.

2. Основной характеристикой биоценоза является список видов, выступающий как интегральный показатель массы, химического состава, запаса свободной энергии конкретного сообщества живых организмов. В зависимости от решаемых задач, эта характеристика может быть представлена в виде набора отдельных показателей, отражающих различные аспекты конкретного биоценоза. Например: представительство того или иного вида (обилие, постоянство, доминирование); пространственное размещение видов (горизонтальная и вертикальная структура); трофические взаимоотношения (пищевые цепи, сети, уровни); сменяемость видов во времени (сукцессионная эстафета).

3. Видовой состав биоценоза и географическое место его реализации на поверхности Земли определяют продуктивность, т.е. скорость образования органического вещества в единицу времени на единицу площади или объема. Средняя продуктивность поверхности Земли соизмерима с продуктивностью пустынь и составляет 333 г/м² год. Почти половина поверхности Мирового океана является биологической пустыней ввиду исключительно малой концентрации живых организмов (см. лекцию 4).

4. Характеристики окружающей биоценоз среды выбираются в соответствующих пространственно-временных

координатах. Неоднородность пространства, занимаемого тем или иным биоценозом, требует усреднения любых показателей как по пространственной, так и по временной координате.

5. Концепции экологической индивидуальности вида и экологической ниши не противоречат, а взаимно дополняют друг друга.

6. Устойчивость биоценоза, как предельная характеристика экологических взаимодействий, определяется по показателям, выбранным для решения конкретной задачи.

Лекция 7. ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Совокупность организмов одного и того же вида, находящуюся в данный момент в земной коре, ...будем называть однородным живым веществом, а их совокупность в каком-нибудь месте земной коры, не охватывающая все организмы данного вида, будет называться частью однородного живого вещества.

В.И.Вернадский

Взаимодействие живого, когда оно представлено внутривидовой единицей — популяцией со своим окружением. Определение популяции. Численность — основная характеристика популяции в ее взаимодействии со средой. Влияние структуры (генетической, половой, возрастной) на ее численность. Пространственная структура популяции как проявление ее поля. Динамика численности популяции. Экологические проблемы, решаемые популяционной экологией.

Часть однородного живого вещества, в понимании В.И.Вернадского, входящая в состав какого-либо биоценоза, получила в биологии название *популяция*. С этим понятием связано существенное изменение философии биологии. Сам термин появился еще в XVIII в., обозначая любую группу особей, т.к. в переводе с латинского означает — народ, население.

Исследования внутренней структуры видов растений и животных в конкретных природных условиях привели к пониманию популяции как *естественной группы особей одного вида, реагирующей как целое на различные внешние воздействия*. Выяснилось, что даже в пределах одного вида численность таких групп широко варьирует. Необходимость как-то обозначить это явление привела к появлению значительного количества прилагательных перед словом «популяция»: географическая, ландшафтная, биотопическая, экологическая, а также: микропопуляция, макропопуляция и т.д. Не имеет смысла дискутировать об этих определяющих

словах, т. к. они практически не несут какой-либо существенной информации.

Генетики, со своей стороны, сформулировали представления об идеальной популяции, понимая под ней группу особей, все члены которой имеют равную возможность скрещиваться с особями противоположного пола. Фактически речь идет о всем генофонде вида. Сознывая, что такая панмиксия нереализуема в природе, пришлось вводить пространственно-временные ограничения, а следовательно, и новые термины: дем, соседство.

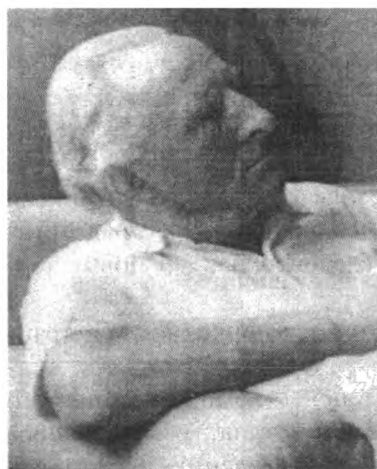
Попыток определить популяцию с помощью как пространственно-временных, так и генетических ограничений достаточно много. Различаются они степенью доминирования того или иного аспекта. Приведу, на мой взгляд, одно из наиболее уравновешенных в этом плане определений, предложенное А.В.Яблоковым:

Популяция — это минимальная самовоспроизводящаяся группа особей одного вида, на протяжении эволюционно длительного времени населяющая определенное пространство, образующая самостоятельную генетическую систему и формирующая собственное экологическое гиперпространство.

Из определения следует, что группа особей одного вида может получить статус популяции, если она будет достаточно многочисленна; будет занимать на протяжении большого числа поколений одно и то же пространство и выступать при этом как относительно изолированная группа.

Приняв это или какое-нибудь другое сущностное определение явления группового распределения особей одного вида по поверхности Земли, необходимо помнить, что при решении конкретных экологических проблем, где живое будет выступать на видовом уровне, придется каждый раз находить деятельностное определение популяции.

Трудности выделения популяции в растительном мире заставили ботаников ввести понятие ***ценопопуляции*** — группы особей одного вида, входящей в данный фитоценоз. Еще значительней затруднения с использованием этого понятия у микроорганизмов, где даже само понятие вида достаточно проблематично.



**Николай Владимирович
Тимофеев-Ресовский
(1900–1981)**



**Станислав Семенович Шварц
(1919–1976)**



**Алексей Владимирович Яблоков
(р. 1933)**



**Владимир Николаевич Большаков
(р. 1934)**

Несмотря на то, что основная масса сведений о структуре популяции, ее изменении во времени и пространстве получена при изучении высших животных и растений, в биологии сформулировано эмпирическое обобщение: *вид реализован в природе в форме популяций, которые являются элементарной единицей существования, адаптации и эволюции вида.*

Характеристика популяции

Основным показателем, по которому судят о популяции любого вида, является ее **численность**, выступающая, как и в случае биоценоза, интегральной характеристикой массы, среднего химического состава и запаса свободной энергии. Абсолютное значение числа особей в той или иной популяции мало информативно, т.к. неизвестно, какую территорию или объем они занимают. Поэтому численность всегда выражают в виде плотности, определяемой как число особей на единицу пространства. Точное определение плотности затруднено неравномерным распределением особей по занимаемому популяцией пространству. Выделяют случайное, равномерное и групповое распределения, обусловленные, видимо, разными причинами. Замечено, что виды, живущие большую часть жизни одиночно, стремятся к равномерному и случайному распределению в пространстве. Объединение в группы может быть следствием: местных различий в условиях среды; суточных и сезонных изменений погоды; необходимости оставлять потомство (в связи с процессом размножения); социального притяжения (у высших животных).

Объединение в группы может усиливать конкурентные отношения между особями за пищу или жизненное пространство. Однако эти неблагоприятные следствия более чем уравновешиваются повышением выживаемости группы в целом. Правило лимитирующего действия факторов проявляется на уровне популяции в виде принципа Олли:

Степень агрегации, при которой наблюдается оптимальный рост и выживание популяции, варьирует в зависимости от вида и условий, поэтому как недонаселенность (или отсутствие

агрегации), так и перенаселенность могут оказывать лимитирующее влияние.

У животных групповой эффект выражен сильнее, чем у растений. Следствием объединения является установление иерархии и специализации особей. Возникает организация.

Неоднородность распределения особей в пространстве приводит к необходимости выделять *среднюю плотность* — как число особей на единицу всего занимаемого популяцией пространства, и *экологическую плотность* — как число особей на единицу заселенного пространства.

По-видимому, существует верхняя граница численности популяции для каждого вида. Теоретически верхний предел определяется количеством энергии, приходящей к поверхности Земли. Нижний, видимо, не определяется, т.к. основать популяцию может пара особей у разнополых организмов и одна особь у вегетативно размножающихся. Обычно в природе действуют гомеостатические механизмы, поддерживающие плотность у каждого вида в определенном диапазоне. Например: лиса — 0,01 — 0,09 кг/га; черный медведь — 0,1 — 1 кг/га; бурундук — 0,15 — 15 кг/га; пума — 0,009 — 0,01 кг/га.

Плотность популяции изменяется во времени. В каждый момент времени численность зависит от четырех основных процессов: рождаемости, смертности, иммиграции и эмиграции особей.

Рождаемость есть средняя репродуктивная способность популяции. Для высших животных ее принято выражать в расчете на одну самку. Выделяют два типа рождаемости.

1. Максимальная, абсолютная или физиологическая рождаемость как теоретически возможное количество новых особей, которое может родиться в идеальных условиях. Этот тип рождаемости интересен для определения и прогнозирования естественной скорости увеличения численности популяции. В основе лежит геометрическая прогрессия размножения. В 1928 г. П.Н. Чепмен¹ предложил для обозначения этого явления термин *биотический потенциал*. Определяется он по формуле:

¹ См.: Chapman P.N. The quantitative analysis of environmental factors // Ecology. 1928. № 9. S. 111–112.

$$r = \frac{\ln N_1 - \ln N_2}{t_2 - t_1},$$

где r — биотический потенциал популяции, N_1 — число особей в начальный период (t_1), N_2 — число особей в конечный период (t_2), и является, по сути, видовой константой. К сожалению, до сих пор не проведена должная работа по ее определению.

Знание биотического потенциала, для основных видов растительного и животного мира, имело бы большое значение для экономической оценки воздействия человека на живой мир.

2. Экологическая, или реализуемая, рождаемость. Зависит от генетической, половой, возрастной структуры популяции.

Основа реальной рождаемости закладывается на генетическом уровне. Постоянно идущий мутационный процесс и рекомбинации уже существующего генетического материала приводят к формированию генетической разнородности популяции. Это исходное разнообразие проявляется в половой и возрастной структуре популяции.

Соотношение полов в популяции формируется в результате различных процессов.

На первом этапе оно определяется сочетанием половых хромосом в процессе митоза и чаще всего близко к 1:1. Кроме половых хромосом в определении пола принимают участие и аутосомы. В популяциях животных могут встречаться не только нормальные самцы и самки, но и особи других половых типов: диплоидные, триплоидные, тетраплоидные, самки и самцы с соответствующими гипертрофированными признаками, интерсексы. Крайним случаем первичного определения пола можно считать появление однополых женских или мужских популяций. У гермафродитов, где, казалось бы, вопрос о соотношении полов не должен возникать, он, оказывается, не так прост. Так, у свободноживущей нематоды *Caenorabditis elegans* обнаружена мутация в аутосомах, превращающая гермафродита в самца, самку, интерсекса.

С рождением новой особи начинается второй этап. На десятках видов позвоночных и беспозвоночных показано изменение соотношения полов в зависимости от условий

среды. Например, в исследованиях Н.П.Наумова¹, Э.В.Ивантера² показано, что рост численности зайца-беляка в популяциях Якутии и Вологодской области сопровождается увеличением числа самцов среди эмбрионов, а в Карельской популяции тенденция обратная. Гормональная регуляция вторичного соотношения полов показана у всех групп позвоночных: рыб, амфибий, рептилий, птиц, млекопитающих.

Третий этап изменения соотношения полов реализуется уже среди половозрелых, размножающихся особей. Он связан с неодинаковой смертностью особей разного пола (табл. 7.1).

Соотношение полов в популяции не есть только простое численное соотношение особей мужского и женского пола, а является основой разной жизнеспособности особей на стадиях онтогенеза, возможности оставления потомства и фактически определяющей компонентой возрастной структуры популяции.

Особь в каждый момент своего существования может быть охарактеризована календарным, или абсолютным, и биологическим возрастом или возрастным состоянием (табл. 7.2).

Соотношение различных возрастных групп в популяции определяет ее способность к увеличению численности в данный момент времени и показывает, что следует ожидать в будущем. Обычно в быстро растущих популяциях значительную часть составляют молодые особи, в стабильных — распределение возрастных групп более или менее равномерно, а в популяциях с уменьшающейся численностью преобладают старые особи.

Определение абсолютного возраста животных представляет большую сложность, т.к. чаще всего неизвестно время рождения. С еще большими трудностями приходится иметь дело при определении возраста многолетних растений. Всегда желательно иметь дело с календарным возрастом, но не всегда это возможно. Обойти эту трудность позволяет

1 См.: Наумов Н.П. Структура популяций и динамика численности наземных позвоночных // Зоол. журн. 1967. Т. 46, вып. 10. С. 1470—1486.

2 См.: Ивантер Э.В. Популяционная экология мелких млекопитающих таежного Северо-Запада СССР. Л., 1975.

**Таблица 7.1. Размах колебаний третичного соотношения полов
(% взрослых самцов) в популяциях некоторых видов ¹**

Вид	Пределы	Примечания
Дрозофила <i>Drosophila meianogaster</i>	0—50	Известны партеногенетические популяции, Яблоков, 1976
Бабочка <i>Acraea ancedon</i>	0,6—36,8	
Прыткая ящерица <i>Lacerta agilis</i>	33—54	
Лесной лемминг <i>Myopus schisticolor</i>	22—70	
Копытный лемминг <i>Dicrostonyx torquatus</i>	38—50	
Крапчатый суслик <i>Citellus suslicus</i>	33—56	
Соболь <i>Martes zibellina</i>	50—70	
Лось <i>Alces alces</i>	40—58	
Благородный олень <i>Cervus elaphus</i>	21—49	
Большая ночница <i>Myotis myotis</i>	48,5—61	
Ночница Миссури <i>Myotis grisescens</i>	23—51	
Многоножка <i>Polixemus lagurus</i>	0—41,6	Известны партеногенетические популяции, Palmen, 1949
Серебряный карась <i>Carassius auratus</i>	0—50	Известны партеногенетические формы, Никольский, 1974
Окунь речной <i>Perca fluviatilis</i>	10—70	

¹ См.: Яблоков А.В. Популяционная биология. М., 1987.

понятие *возрастное состояние*. По отношению к популяции выделяют три основных возрастных состояния — пререпродуктивное, репродуктивное, пострепродуктивное — длительность которых варьирует у разных видов (рис. 7.1).

Таблица 7.2. Содержание терминов и понятий, характеризующих возрастную структуру популяции¹

Термин	Формулировка	Примечание
Поколение (генерация)	Непосредственное потомство особей, появившихся на свет на протяжении одного цикла размножения, у однократно размножающихся видов или всего репродуктивного периода у видов с неоднократным размножением на протяжении жизни	Продолжительность поколения соответствует среднему репродуктивному возрасту, характерному для данной популяции
Приплод	Одновременно родившиеся особи от определенной совокупности родителей	Одна группа родителей может иметь несколько приплодов. Приплод от пары родителей у живородящих животных — помет
Возрастная группа	Группа особей одинакового астрономического или физиологического возраста	У разных организмов определяется с разной точностью: молодые, взрослые, старые, сеголетки, личинки имаго
Цикл размножения	Период размножения и формирования потомства	Короткоциклические: цикл размножения короче длительности поколения; длиннотциклические: моно- и полициклические

Для многих видов известна значительная межпопуляционная и внутривидовая (в разных генерациях) изменчивость этих показателей.

Соотношение возрастных состояний усложняется у некоторых видов неравномерным созреванием самцов и самок.

¹ См.: Тимофеев-Ресовский Н.В., Яблоков А.В., Глотов Н.В. Очерк учения о популяции. М., 1973.

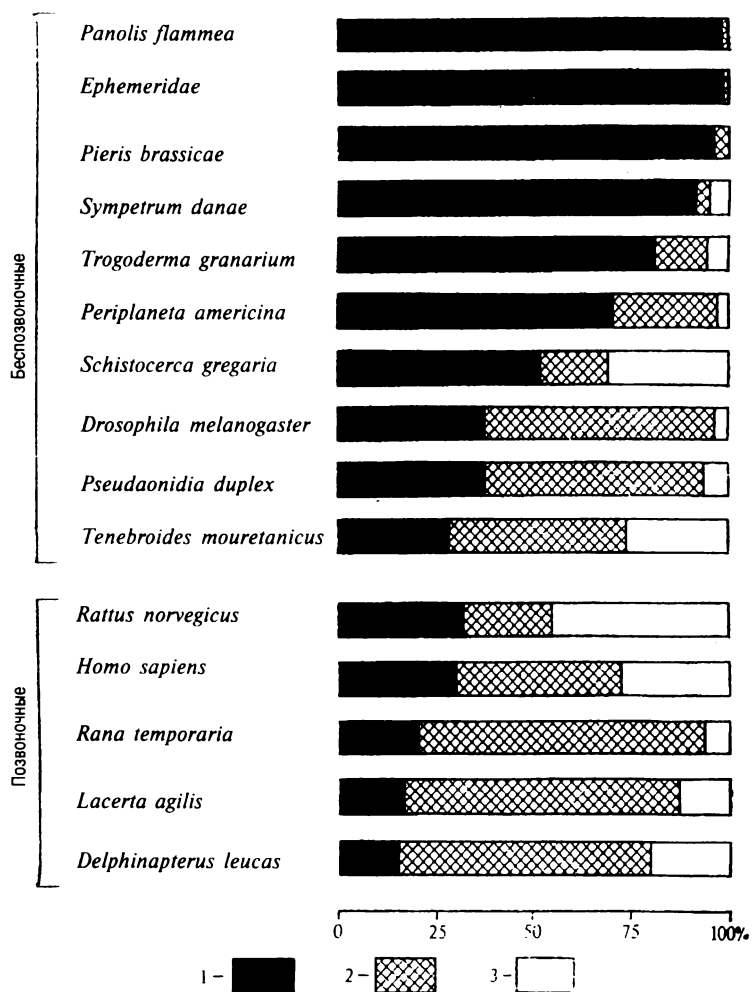


Рис. 7.1. Соотношение длительности возрастных состояний у некоторых видов (по А.С. Яблокову): 1 — пререпродуктивное, 2 — репродуктивное, 3 — пострепродуктивное.

В одном случае раньше созревают самцы (например, у рукокрылых), в других — самки. Длительное сохранение (десятки, сотни и тысячи лет) спор, семян, цист и т.п. в почве, торфе, иле может в определенных случаях оказывать существенное влияние на возрастную структуру популяции.

В 1925 г. А.Лотка из теоретических соображений показал, что в популяции имеет место тенденция к установлению стабильной возрастной структуры. Приток и отток особей нарушает ее, но при восстановлении условий возрастная структура стремится к прежнему состоянию. Длительные устойчивые изменения в окружающей среде могут приводить к установлению новой стабильной возрастной структуры. Данные о возрастной структуре выражают в абсолютных числах или процентах.

В природных популяциях разных видов реализуются различные варианты сочетаний поколений, приплодов, возрастных групп ¹:

1. Поколения состоят из одного приплода. Характерно для однократно размножающихся видов — однолетние растения, насекомые. Понятия «поколение» и «приплод» совпадают.

2. Поколение состоит из особей разных приплодов. Характерно для многих видов мелких млекопитающих, неоднократно размножающихся в сезон размножения.

3. Приплод состоит из особей разных поколений. Молодые животные из первого приплода вступают в размножение наряду со старыми особями. Последние приплоды будут принадлежать к двум поколениям. Характерно для мелких, быстро размножающихся млекопитающих, способных давать несколько приплодов в год.

4. Возрастная группа состоит из особей нескольких поколений. Характерна для долгоживущих млекопитающих со сложной возрастной структурой популяций — китообразные, хищные, ластоногие.

Смертность — антитеза рождаемости. Характеризует гибель особей в популяции и выражается числом особей, погибших за определенный промежуток времени.

Гибель в идеальных условиях (без лимитирующих

¹ См.: Яблоков А.В. Популяционная биология. М., 1987.

факторов) определяется как физиологическая смертность. Она определяет максимальную продолжительность жизни.

Гибель в реальных условиях определяется как экологическая смертность. Причины гибели могут быть различны.

Нередко значительно больший интерес представляет не смертность, а выживаемость. Полная картина смертности в популяции описывается статистическими таблицами, введенными в 1921 г. Раймондом и Пирлом. Общая схема построения такой таблицы включает:

- число особей (на 1000 или другое удобное число), выживших к концу определенного интервала времени — дня, декады, месяца, года;
- число особей, погибших в последовательные интервалы времени;
- смертность в течение последовательных интервалов по отношению к исходной численности;
- ожидаемую продолжительность жизни в конце каждого интервала.

На основании таблиц можно построить графическую зависимость выживания от возраста (рис. 7.2).

Форма кривой выживания связана со степенью заботы о потомстве и с плотностью. Большое количество потомков и высокая детская смертность соответствуют 3-му типу зависимости; небольшое количество потомков с развитым уходом за

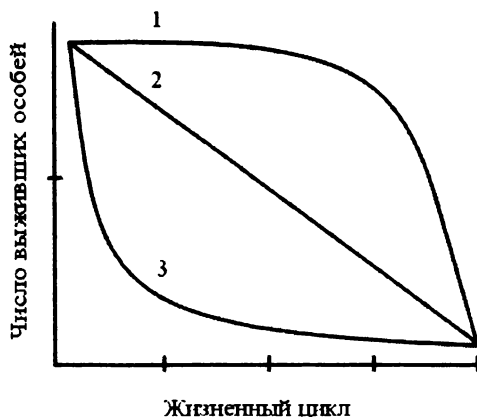


Рис. 7.2. Теоретические зависимости выживания от онтогенетического возраста

потомством — 1-му; достаточно равномерная смертность на протяжении всей жизни — 2-му типу (рис. 7.2).

Если умножить число выживших особей (l_x) на число потомков, произведенных за это время (m_x), для каждой возрастной группы и сложить результаты всех групп, то появляется такая характеристика, как чистая скорость размножения популяции (R_x):

$$R_x = l_x \cdot m_x.$$

В природе в стабильных популяциях $R_x \sim 1$, т.е. число смертей и рождений примерно одинаково. От чистой скорости размножения можно перейти к годовой скорости роста популяции, определяемой по формуле

$$L = R^{\frac{1}{T}},$$

где L — годовая скорость роста популяции, R — чистая скорость размножения, T — среднее время генерации.

Миграционные потоки, несомненно, оказывают влияние на изменение численности популяции.

Эмиграция особей — естественное следствие геометрической прогрессии размножения, проявляющееся в агрессии жизни, растекании живого вещества по поверхности Земли. Эмиграционные потоки есть форма проявления свободной энергии популяции. В природных популяциях разных видов реализуется полный спектр всех вариантов эмиграции: от нулевой до массового ухода большей части популяции («вспышка» численности). Судьба эмигрантов различна: большая часть их гибнет, часть закрепляется на новом месте, часть становится иммигрантами в других популяциях.

Конкретные причины миграционных потоков у каждого вида свои. Несомненно, что они есть следствие как внутрипопуляционных процессов, так и изменений в окружающей среде.

Динамика численности популяции

Для каждого сочетания условий среды существует своя плотность популяции, при которой рождаемость и смертность уравновешивают друг друга. Такое равновесное состояние

определяется как **емкость** среды. Внешние и внутренние причины, приводящие к изменению численности популяции в сторону увеличения или уменьшения, активизируют внутрипопуляционные процессы таким образом, что вновь устанавливается соответствие емкости среды.

В закончившей рост популяции численность не остается на одном уровне. Она постоянно колеблется вокруг некоторого среднего значения. Эти флуктуации могут быть следствием разных воздействий (см. лекцию 3):

1. Первичного периодического воздействия: годовые и сезонные изменения космических процессов. Изменения численности, обязанные таким причинам, носят название циклических.

2. Вторичного периодического воздействия, проявляющегося через изменение состояния доступности пищи, воды, тепла, мест размножения и т.п. В рамках данных воздействий иногда выделяют влияние самой плотности на их проявление, которое может меняться от 0 до максимума.

3. Непериодического воздействия, приводящего к резкому уменьшению или увеличению численности. Уменьшение обычно является следствием какого-либо катастрофического воздействия: урагана, заморозка и т.п. Увеличение часто носит непредвиденный характер и наблюдается значительно реже. Известно не так уж много примеров этого явления: непредвиденное распространение колорадского жука в Европе, морских звезд на Большом Барьерном Рифе к северо-востоку от Австралии, кроликов и овец в Австралии, а также другие примеры.

Разработано достаточно много математических моделей изменения численности популяций. Выбор подхода к моделированию зависит от поставленной задачи. Если необходимо знать характер изменения численности, то используются разностные уравнения. В случае измерения скорости изменения пользуются дифференциальными уравнениями.

Поле популяции

Экологическое гиперпространство, формируемое популяцией (см. определение популяции), может быть соотнесено

с понятием поля однородного живого вещества в рамках биосферной концепции. Для обозначения этого понятия в экологии широко употребляются такие термины, как популяционный ареал и индивидуальный участок. Для его характеристики пользуются: радиусом индивидуальной активности (Н.В.Тимофеев-Ресовский), панмиктической единицей (С.Райт), соседством (С.Райт), средним расстоянием распространения (В.Грант), величиной индивидуального участка, радиусом репродуктивной активности.

Сравнительный анализ всех этих показателей, характеризующих поле популяции, проведенный А.В.Яблоковым (1987), показал, что предложенное им понятие радиуса репродуктивной активности более точно характеризует гиперпространство популяции.

Под радиусом репродуктивной активности понимается расстояние между местом рождения и местом размножения для 95% особей данного поколения.

Сведения о величине данного показателя (табл. 7.3) взяты из обзора А.В.Яблокова (1987). Обобщая имеющиеся сведения, он приводит средние величины устойчивых пространственных группировок (табл. 7.4).

Как отмечает А.В.Яблоков, «радиус репродуктивной активности, конечно, не является первичным популяционным показателем, но в нем отражаются многие существенные генетические и экологические характеристики популяционных процессов... Этот показатель может служить исходным при определении величины ареала популяции в целом»¹.

К этому можно добавить, что данный показатель может выступать и в качестве косвенной оценки реального запаса свободной энергии популяции.

Большой размах в размерах поля популяции приводит к необходимости каждый раз решать вопрос с выбором характеристик окружающей среды в зависимости от целей задач.

Экологические проблемы, решаемые популяционной экологией, касаются судьбы отдельных видов. Выделение растениями газообразных веществ (фитонцидов) и различных корневых жидкостей и газов, запахи и экскременты

¹ Яблоков А.В. Популяционная биология. М., 1987. С. 37.

**Таблица 7.3. Радиус репродуктивной активности
некоторых видов растений и животных**

Вид	Радиус репродуктивной активности, м	Источник
Капуста	24	A. Bateman, 1946
Кукуруза	5—20	E. Petermiani, A.C. Stort, 1974
Сосна обыкновенная	100	Н.В. Гришина, 1985
Люцерна	1500	D. Levin, H. Kerster, 1974
Лук репчатый	1,8	—
Кострец безостый	183	—
Сорго	119	A. Baleman, 1946
Бобы	302	—
14 видов культурных растений-опылителей	151—295	Рекомендации фирм, разводящих разные сорта
22 вида культурных растений перекрестного опыления	243—804	—
Заяц-русак	10 000	T. Kronig, 1940
Косули	10 000	—
Соболь	80 000—200 000	Н.Н. Бакеев, 1980
Крот	300	R. Gider, 1973
Белка обыкновенная	6 000	С.М. Сокольский, Т.Д. Адамацкая, 1982
Грач	950 000	"Миграция птиц", 1982
Тетерев	27 000	—
Человек	10 000—15 000	По данным разных авторов

**Таблица 7.4. Устойчивые пространственные группировки
групп организмов**

Радиус репродуктивной активности	Группы организмов
Десятки метров	Некоторые травянистые растения, наземные моллюски, некоторые популяции дрозофил
Сотни метров	Некоторые древесные растения, большинство бабочек и двукрылых, многие рептилии, некоторые мелкие воробьиные, землеройки, кроты, некоторые полевки
От нескольких км до десятков км	Некоторые группы чешуекрылых, некоторые двукрылые, многие воробьиные, зайцы, песчанки, некоторые олени, некоторые средние и мелкие хищники
Сотни км	Чирки, утки, скопа, белые гуси. Некоторые летучие мыши и др.

животных, посмертное разложение тела — все это формы проявления вещественно-энергетических связей популяции со своим окружением. Видовые особенности питания и дыхания и соответствующий им внутренний обмен веществ отдельных организмов определяют качественный состав и количественные соотношения твердых, жидких и газообразных веществ, через которые осуществляются эти взаимоотношения. Проблемы севооборотов, агротехники выращивания отдельных видов и сортов растений, составления рационов питания животных, «усталости» почв, аллелопатии, создания травосмесей, биологической очистки воды в рыбоводных резервуарах и т.п. являются следствиями проявления экологических взаимодействий на данном уровне представления живого в рамках экосистемы. Разработка мероприятий по сохранению биологического разнообразия нашей планеты, разумное использование промысловых животных, повышение продуктивности сельскохозяйственных растений и животных невозможны без знания особенностей структуры популяций используемых видов. С одной стороны, накопленные в данном разделе экологии сведения о способах формирования групп у разных видов животных и растений, изменения их структуры при

различных внешних воздействиях могут быть использованы при рассмотрении социальных отношений у человека, т.к. этот вид явно предпочитает жить группами. С другой стороны, накопление сведений о формировании структуры отдельных групп людей, их отношений с окружающим миром может значительно обогатить популяционную экологию. Возможно, что данный раздел экологии следует рассматривать как теоретическую основу социологии.

Повторим кратко основные положения лекции:

1. Популяционная экология — раздел общей экологии, изучающий экосистемные взаимодействия при представлении биоты в виде внутривидовой структуры — популяции.

2. Основной характеристикой популяции является ее численность (плотность), выступающая как интегральный показатель массы, химического состава и запаса свободной энергии.

3. Численность (плотность) популяции есть следствие четырех основных процессов: рождаемости, смертности, эмиграции и иммиграции. Каждый из этих процессов может выступать в качестве отдельных, в достаточной степени независимых характеристик при решении конкретных задач.

4. Популяция любого вида всегда стремится реализовать свои потенциальные возможности в увеличении численности (биотический потенциал). В каждый момент времени реальная экологическая плотность определяется соотношениями рождаемости, смертности, миграционных потоков в конкретных внешних условиях, что требует каждый раз выбора соответствующих характеристик среды.

5. Поле популяции характеризуется радиусом репродуктивной активности, понимаемым как расстояние между местом рождения и местом размножения для 95% особей одного поколения. Данная характеристика может быть использована для косвенной оценки запаса свободной энергии конкретной популяции.

6. Видовые особенности в питании и дыхании лежат в основе интенсивности и направленности геохимической функции каждой популяции. Следствием этих особенностей являются экологические проблемы, связанные с использованием и сохранением отдельных видов живых организмов.

Лекция 8. АУТЭКОЛОГИЯ

...организм в биосфере не случайный гость: он часть сложной закономерной организованности.

В.И. Вернадский

Взаимодействие живого, когда оно представлено отдельным организмом, со своим окружением. Понятие организма, особи, живого существа. Разнокачественность организмов. Унитарное и модулярное строение организма. Жизненный цикл и его проявление у организмов разного типа строения. Основные характеристики живого вещества и их проявления на уровне организма. Иерархия ответных реакций организма. Поле организма. Устойчивость организма. Экологические проблемы, решаемые на уровне взаимоотношений организма и окружающей его среды.

Рассматривая предельное для Земли проявление жизни в виде живого вещества, В.И.Вернадский выявил ту единственную функцию, которую выполняет это вещество на нашей планете, и назвал ее геохимической (см. лекцию 5). Всю работу по переработке окружающей среды непосредственно осуществляют части живого вещества, получившие название организмов (особей, живых существ). Раздел экологии, занимающийся изучением связей между организмами и окружающей их средой, носит название аутэкологии (от гр. *autos* — сам).

В самом широком смысле организм (от лат. *organizo* — устраивать, придавать стройный вид) понимается как некое образование, состоящее из взаимосвязанных и соподчиненных элементов, взаимоотношения которых достаточно жестко детерминированы их функционированием как единого целого. В биологии понятие организма включает в себя представления о морфофизиологической единице, происходящей от одной зиготы, гаметы, споры, почки.

Деятельностное определение организма требует для каждой задачи определять морфофизиологическую единицу в зависимости от конечной цели. Трудности определения связаны с разнокачественностью организмов, причиной которой являются различные способы их построения, стадийность

жизненного цикла. Недоучет этих особенностей может приводить к неприятным ошибкам при определении основных характеристик организма и неправильным выводам при анализе взаимодействий организма с окружающей средой.

Принципиальное значение для экологии имеет тот факт, что все рассмотренные ранее варианты представления биоты, от живого вещества до популяции, являются открытыми во времени образованиями, т.е. их срок жизни определяется только внешними условиями. Организм — закрытое во времени образование, т.к. имеет заданный срок существования, и какими бы комфортными ни были внешние условия, смерть неизбежна. Поэтому реагировать на изменения внешней среды организм может только в пределах нормы реакции, заданной программой развития (генотипом). В зависимости от выделяемых уровней реализации генетической программы — молекулярно-генетического, биохимического, физиологического, морфологического, поведенческого — различают адекватные ответные реакции, которые могут использоваться как характеристики состояния конкретных организмов. В каждой из наук, отражающих соответствующий уровень, имеются свои наборы показателей, по которым судят о влиянии окружающей среды.

Все живые организмы на Земле построены двумя основными способами: унитарным и модулярным.

Жизнь **унитарных** организмов начинается с оплодотворенной яйцеклетки — зиготы, и путем дальнейших эмбриональных и постэмбриональных преобразований формируется организм. Последовательное прохождение стадий, морфофизиологический облик, конечный исход индивидуального развития организма предопределены достаточно жесткой генетической программой. Крольчиха всегда воспроизводит крольчат, свиноматка — поросят, волчица — волчат, внешне похожих на своих родителей, и т.д. При этом каждый признак хотя и проявляется в некотором разнообразии (например, в различной массе тела, окраске шерсти, разрезе глаз, величине носа, пасти, когтей и т.п.), но размах таких колебаний не изменяет общий план строения организма. Сравнительно узкий диапазон изменчивости, жесткая программа развития приводит к тому, что унитарные организмы имеют высокую смертность даже при не очень больших изменениях в окружающей их среде. К этой группе организмов относятся позвоночные

животные, а следовательно и человек, насекомые и небольшое число некоторых других.

У **модулярных** организмов из зиготы развивается не целый организм, а отдельная единица строения — модуль. Организм строится путем увеличения количества модулей и образованием различных комбинаций между ними. Типичным представителем таких организмов являются высшие растения. Основной конструктивный модуль, из которого строится тело растения — лист с пазушной почкой, прилегающим участком стебля и междоузлием. Из почки формируется новый модуль и т.д. Рост растения состоит в накоплении числа модулей. Органы размножения образуют измененный модуль — цветки, порождающие новые зиготы. Модули могут образовывать новые комбинации определенной формы, которые тоже будут повторяться. Например, у деревьев выделяют несколько уровней модулярности:

1. Лист с пазушной почкой, междоузлием.
2. Побег с определенным расположением листьев.
3. Сук с ветками или часть кроны с характерной формой.

К группе модулярных организмов кроме растений относятся также губки, гидроиды, кораллы, мшанки, грибы, многие простейшие¹ (рис. 8.1).

В целом на Земле доминируют организмы с модулярным строением, что является основой устойчивости живого вещества в геологическом масштабе времени. Отсутствие жесткой программы индивидуального развития, возможность широкого комбинирования модулей дают этой группе живых организмов высокую экологическую пластичность и приводят к появлению значительного разнообразия жизненных форм. Смерть отдельного модуля или даже сложной их комбинации не означает еще смерти всего организма. Сравните реакцию унитарного организма, например птицы, и модулярного, например картофеля, на резкое июньское похолодание или выпадение снега. В первом случае — высокая смертность как взрослых особей, так и птенцов, а во втором — только задержка в росте ввиду гибели уже появившихся

¹ См.: Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К. Экология особи, популяции, сообщества. М., 1989. Т. 1. С. 182.



Рис. 8.1. Различные модулярные организмы (слева — растения, справа — животные): *А* — организмы, по мере роста распадающиеся на части (ряска, гидра); *Б* — свободноразветвляющиеся и сравнительно недолговечные (однолетние) организмы (клевер и *Pennaria* sp.); *В* — организмы, обладающие корневищами и ползучими стеблями (многоножка и *Campanularia* sp.); *Г* — дерновино- и кочкообразователи, состоящие из плотно упакованных модулей (овсяница и мшанка); *Д* — долговечные выносившие многократно разветвленные организмы (дуб и коралл) (по М. Бигону)

модулей, но не смерть всего организма. Размножение почками, черенками, отводками, корневищами, клубнями есть форма использования человеком особенностей этого типа строения живых организмов.

Исследователи растений первые обратили внимание на зависимость разнообразия внешних форм растительных организмов от условий среды. Для обозначения этих форм был предложен термин **жизненная форма**. Для животных организмов он стал применяться только в XX в., и чаще используется синоним — биоморфа. У человека выделение жизненных форм началось только в конце XX в. Они известны как адаптивные типы (см. лекцию 9).

Под жизненной формой следует понимать группу организмов, морфофизиологический облик которых отражает приспособленность к конкретным условиям окружающей среды.

Жизненная форма выступает как основа экологических классификаций живых организмов. При этом организмы не обязательно должны принадлежать одному виду. Например, кактусы и некоторые молочаи образуют одну жизненную форму стеблевых суккулентов. В то же время организмы одного вида в разных условиях могут входить в разные жизненные формы. Например, дуб, ель, можжевельник в лесной зоне — это высокоствольные деревья, а на границах ареала (высокие широты и высотные границы) — это кустарник, стланник. Наиболее распространена классификация жизненных форм растений, предложенная К. Раункиером (1905–1907). Она основана на положении почек возобновления по отношению к поверхности почвы (табл. 8.1).

При решении конкретных экологических проблем могут быть использованы (или разработаны вновь) классификации жизненных форм, основанные на критериях, связанных как с воздействием внешней среды, так и особенностями проявления функций самого организма.

По отношению к различным воздействиям внешней среды выделяют: водные организмы, гигрофиты, мезофиты, ксерофиты (по отношению к воде); светолюбивые и теневыносливые (по отношению к свету); наземные, водные, почвенные и т.п. (по месту обитания).

По проявлению функций самого организма жизненные формы могут быть классифицированы: на плавающие,

**Таблица 8.1. Классификация жизненных форм растений
(по К. Раункьеру)**

Жизненные формы	Положение почек возобновления или верхушечных точек роста
Фанерофиты	На высоко поднятых побегах
Хамефиты	На приземных побегах или на приземных частях побегов
Гемикриптофиты	Непосредственно под поверхностью почвы
Криптофиты	В почве или воде
Терофиты	Растения-однолетники, завершающие жизненный цикл в течение одного сезона. К этой группе относятся и озимые — дающие всходы осенью, а цветущие и отмирающие весной следующего года

бегающие, летающие, ползающие, сидячие; гомойотермные (с постоянной температурой тела) и пойкилотермные (с температурой тела, зависимой от температуры среды).

При анализе экологических взаимодействий выделение организма как счетной единицы осложняется необходимостью учета стадии индивидуального развития. Любой организм, независимо от типа строения, проходит определенный цикл развития (онтогенез, жизненный цикл) от зиготы до зиготы. В течение своего жизненного цикла организмы проходят через определенные стадии. На каждой из них не только внутреннее состояние организма, но и внешний облик различны. В самом общем виде в жизненном цикле выделяют:

1. Стадию цитогенетического целого. Организм представлен отдельно делящейся клеткой.
2. Стадию эмбрионального целого. Организм представлен фазами дробления ядра, различными дифференцировками, началом морфогенеза и роста зародыша в зародышевой оболочке.
3. Стадию постэмбрионального целого. Организм представлен различными этапами молодости и зрелости.

4. Стадию инволюционного целого. Организм представлен разными стадиями старения.

Первые две стадии мало чем отличаются у унитарных и модулярных организмов. Оценки воздействия внешней среды сводятся к констатации фактов увеличения или неизменности количества мутаций, различных нарушений в ходе процесса дробления ядра и его дифференцировок, изменений в закладке зародышевых тканей. Как правило, крупные нарушения в этих процессах ведут к гибели организмов уже на этих стадиях. Если морфогенетические корреляции справились с возникшими нарушениями, то организм начинает свое постэмбриональное существование, где уже наблюдаются существенные различия у модулярных и унитарных организмов.

При решении экологических проблем необходим учет возраста организма. На одно и то же внешнее воздействие молодой, зрелый и стареющий унитарный организм будет отвечать разной интенсивностью, направленностью, скоростью поведенческих, морфофизиологических, биохимических процессов. Отличие модулярного организма состоит в том, что в нем одновременно находятся модули разного возраста. Все, кто имел общение с растениями, наблюдали это явление: новые, молодые, только распускающиеся, зрелые, полностью сформировавшиеся и стареющие, засыхающие листья на одном растении. При оценке внешнего воздействия на такой организм всегда требуется точное определение счетной единицы: принять ли за нее весь сложный разновозрастный организм, отдельный модуль в определенной стадии развития или воспроизводимую комбинацию модулей. Ситуация становится еще более сложной, когда требуется учесть и продолжительность жизненного цикла. Дело в том, что у этих организмов достаточно большое разнообразие по данному показателю, характеризующему период от зиготы до образования семян, плодов, спор, почек возобновления и т.п.

Приведу небольшую классификацию типов жизненных циклов модулярных организмов¹:

I. Однолетники

— с однократным размножением;

¹ Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К. Экология особи, популяции, сообщества. 1989. Т. 1. С. 190.

- с многократным размножением;
- эфемер с однократным размножением;
- зимующий однолетник.

II. Двулетники

- с однократным размножением и с перекрывающимися поколениями;
- с однократным размножением и неопределенной продолжительностью жизненного цикла.

III. Организмы с непрерывным однократным размножением.

IV. Организмы с многократным размножением и с перекрывающимися поколениями.

V. Организмы с непрерывным многократным размножением.

Жизненный цикл отдельного организма по-своему уникален, т.к. включает особенности роста, дифференцировки, накопления массы, размножения, обусловленные индивидуальной изменчивостью как результатом взаимодействия наследственности (генотипа) со средой обитания.

Как уже отмечалось ранее (см. лекцию 5), одной из основных характеристик живого вещества является масса.

Общая масса живого вещества есть сумма масс отдельных организмов всех видов, существующих в данный момент времени на Земле.

Достижение максимальной массы отдельной особью осуществляется в результате процессов роста и развития. Довольно часто оба процесса происходят одновременно, но в общем плане их следует различать. Особи равной массы могут различаться уровнем развития (стадией онтогенеза). Справедливо и такое заключение: каждая стадия онтогенеза может быть представлена особями разного размера. В зависимости от внешних условий выгодна бывает как остановка в развитии (например, переживание неблагоприятных условий среды в виде цист, стадий покоя, спор, семян и т.п.), так и, наоборот, ускоренное развитие, чаще всего связанное с быстрым достижением половозрелой стадии (например, растения-эфемеры).

Основное различие в жизненных циклах связано с процессом размножения. Разнообразие особей по массе и скорости развития приводит к их различной *репродуктивной*

активности, которую еще называют *репродуктивным усилием* или *репродуктивными тратами*. Количество энергии, затраченное организмом на производство потомства, могло бы быть идеальным выражением этой характеристики. Методические трудности ее прямого определения заставляют искать другие показатели, позволяющие в какой-то мере судить о репродуктивных тратах. Чаще всего для этого используются такие отношения, как массы гонад к массе тела, массы семян к массе растения, массы помета (кладки) к размеру организма.

Потомство одной особи исходно гетерогенно по массе, т.к. энергия распределяется среди потомков неравномерно и поэтому судьба отдельных организмов различна. Наиболее жизнеспособные доживают до стадии размножения и оставляют новое потомство. В аутоэкологии для оценки плодовитости и выживаемости применяется термин *репродуктивная ценность*. Эта характеристика учитывает относительный вклад каждого организма в будущее популяции и выступает оценкой отдельного жизненного цикла с точки зрения естественного и искусственного отбора. Она лежит в основе всей селекционной работы. Когда человек выбирает по отдельным признакам наиболее для него подходящие семена, клубни, ягнят, птенцов, телят и т.п., то он фактически оценивает их жизненный цикл по репродуктивной ценности. В природе эту работу выполняют конкретные местообитания.

Местообитание — участок суши или водоема, обладающий необходимыми условиями для существования некоторой группы особей одного вида.

По отношению к наземным животным часто используют синоним «стация».

Пригодность для жизни того или иного участка земной поверхности каждый организм «оценивает» для себя. Для одних это обширные пространства суши или просторы Мирового океана, а для других — ствол дерева или отдельная клетка другого живого организма. Поэтому пространственно-временные характеристики местообитания и особенности жизненного цикла организма должны соответствовать друг другу. Пространственно местообитание может быть непрерывным и изолированным, а во времени неизменным (т.е. достаточно долго не изменяющимся) и непредсказуемо изменяющимся. При решении конкретной задачи приходится каждый раз определяться

с границами местообитания и его характеристиками в зависимости от выбираемых параметров жизненного цикла. Сам жизненный цикл не является независимым от условий среды. Наиболее отчетливо конечный результат взаимодействия организма и местообитания проявляется в изменениях массы, химического состава, репродуктивного усилия. Внешние условия уменьшают или увеличивают массу организмов, изменяют их химический состав, а также качественный и количественный состав потомства. Стремление понять причины изменения этих конечных характеристик лежит в основе становления таких наук, как генетика, биохимия, физиология, этиология. Каждая из них выбирает свой уровень рассмотрения причинных связей между внешней средой и организмом и в рамках этого уровня формирует собственный понятийный аппарат. Для экологии развитие этих наук расширяет круг задач экологического профиля и дает надежду на разработку достаточно тонких механизмов управления изменением массы, химического состава и размножения организмов. Однако вмешательство в отобранные природой жизненные циклы не всегда оказывается благом. Достаточно напомнить о попытке управления ростом и развитием растений и животных с помощью гормонов.

Основу **устойчивости** организма составляют его собственные морфогенетические корреляции, сформированные в рамках определенного местообитания. На каждой стадии жизненного цикла существует свое проявление этих корреляций, а следовательно и внешних проявлений организма. Сформированные в конкретных местообитаниях экотипы растений и животных являются основой ошеломляющего разнообразия жизни на Земле и, что не менее важно, основой благополучия человека. Отбор и введение в культуру перспективных экотипов являются до сих пор наиболее дешевыми и надежными способами решения проблем обеспечения продовольствием, а также для удовлетворения технологических и эстетических потребностей человека. Абсолютное большинство современных сортов растений и пород животных начинали свой путь становления с экотипов, отобранных человеком в дикой природе.

Лик Земли непрерывно изменяется, а следовательно, изменяются конкретные местообитания организмов. Деятельность человека лишь ускоряет этот процесс. Живое отвечает на эти изменения формированием новых вариантов жизненных

циклов и исчезновением прежних. Поэтому изменение растительного и животного мира неизбежно. Палеонтологическая летопись прекрасно это демонстрирует. Поэтому проблема сохранения биоразнообразия является проблемой удовлетворения потребностей человека, а не природы. Последней безразлично, каким видовым составом будет представлено живое вещество на Земле.

Сформулируем основные положения лекции:

1. Аутоэкология — раздел общей экологии, изучающий экосистемные взаимодействия при представлении биоты в виде отдельного организма.

2. Организмы, составляющие живое вещество планеты, построены двумя основными способами: унитарным и модулярным.

3. Унитарные организмы характеризуются жесткой программой развития и сравнительно узким диапазоном изменчивости признаков, что приводит к высокой чувствительности к изменениям в окружающей среде. Унитарные организмы реализуют два основных типа жизненных циклов: простой, характеризующийся прямым развитием организма из оплодотворенной яйцеклетки, и сложный, обусловленный метаморфозами на разных стадиях развития.

4. Отсутствие жесткой программы индивидуального развития, возможность широкого комбинирования модулей обеспечивают модулярным организмам широкую экологическую пластичность. Смерть отдельных модулей или даже сложной их комбинации при изменении условий среды не означает для них смерть всего организма. Разнообразие жизненных форм организмов на Земле обеспечивается в основном за счет экологической пластичности модулярных организмов.

5. Потомство любых организмов всегда гетерогенно по любым признакам, что позволяет производить выбор отдельных особей по репродуктивной ценности. В зависимости от своих целей человек выбирает те организмы, которые наиболее ему подходят, и тем определяет их репродуктивную ценность. В природе эту работу выполняют условия конкретного местообитания организмов. Конечный результат взаимодействия организма и местообитания проявляется в изменениях массы, химического состава, качественного и количественного состава потомства.

Лекция 9. ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

В сущности, человек, являясь частью биосферы, только по сравнению с наблюдаемыми на ней явлениями может судить о мироздании. Он висит в тонкой пленке биосферы и лишь мыслью проникает вверх и вниз.

В. И. Вернадский

Экология человека как раздел общей экологии. Особенности перерабатывающей функции человека. Особенности внутривидовой структуры человека. Адаптивные типы и этнос как перспективные внутривидовые подразделения для становления экологии человека. Особенности проявления функции питания, дыхания, размножения у человека.

Взаимоотношения человека с окружающим миром являются основополагающими для искусства, философии, религии. В лекции 1 отмечалось, что в научной *физической* картине мира живое, а следовательно и человек, отсутствует как элемент мироздания. Экология, включив человека как часть живого вещества в сферу своих интересов, фактически претендует на роль основополагающей науки в рамках *натуралистической* картины мира. Ранее (см. лекцию 2) при рассмотрении возможных представлений биологической компоненты экосистемы отмечено, что *в конечном итоге* все взаимоотношения человека с окружающим миром суть экологические. На этом основании были сформулированы некоторые, достаточно очевидные, следствия. Разнообразие и сильно выраженная опосредованность связей человека с окружающей средой, дифференцировка последней на природную, социальную, духовную породило дискуссию о предмете экологии человека. Приведу некоторые определения.

Экология человека — экология человеческой личности.

Экология человека — экология человеческих популяций.

Экология человека — наука, изучающая взаимоотношения людей с окружающей средой; вопросы развития народонаселения, сохранения и развития здоровья, совершенствования физических и психических возможностей человека.

Экология человека — наука, рассматривающая биосферу как экологическую нишу человечества, изучающая природные, социальные, экономические условия как факторы среды обитания человека, обеспечивающие его нормальное развитие и воспроизводство.

Стремление выделить и противопоставить экологии человека социальную экологию вносит еще большую путаницу.

Человек — один из миллионов видов живых организмов, населяющих нашу планету, осуществляющий, как и все другие виды, свою перерабатывающую функцию через питание, дыхание, размножение. Он не исключение из общего правила, и поэтому экологию человека следует связывать с особенностью проявления у него этих функций.

Обеспечение человека продуктами питания связано с формированием сложной системы промышленного и сельскохозяйственного производства, сферы услуг, транспорта, урбанизированных территорий. В XX в. эта система настолько усложнилась, что внутри нее появились собственные круговороты, лежащие в основе мифа об относительной независимости человека от окружающей среды и порождающие появление множества различных экологий, таких как промышленная, сельскохозяйственная, градостроительная и т.д.

Существующие технологии переработки окружающей среды сопровождаются появлением значительного количества новых для природы твердых, жидких, газообразных веществ, что приводит к изменению газового состава атмосферы, а также геохимических процессов в почве, верхних слоях литосферы, гидросфере. Необходимость рассмотрения этих вопросов привела к появлению таких экологий, как геохимическая, медицинская, ландшафтная и т.п.

Не вдаваясь в подробный анализ всего разнообразия существующих и будущих подобных экологий, отмечу, что все они отражают отдельные частные проявления связей между различными формами деятельности человека по обеспечению себя продуктами питания, чистым воздухом и водой и его собственными ответными реакциями — от поведенческих до генетических. Все эти экологии можно рассматривать как составные части экологии человека, разрабатывающие отдельные стороны взаимодействия человека и окружающей его среды.

Размножение как высшая интегративная функция живых организмов является той предельной характеристикой, по которой судят о всех изменениях в окружающей среде, и поэтому различные ее показатели используются во всех частных аспектах экологии человека.

Таким образом, *экология человека относится к категории частных экологий, т.е. экологий отдельного вида, и занимается изучением особенностей проявления у него функций питания, дыхания, размножения.*

Вид *Homo sapiens* заселил всю поверхность Земли, начал освоение Космоса и Мирового океана. Взаимодействие с огромным разнообразием местообитаний обернулось для него исключительным среди живого мира полиморфизмом и формированием соответствующих жизненных форм (биоморф). При этом сохранилась единая генетическая основа, что позволяет светловолосого, высокорослого скандинава, африканского бушмена, австралийского аборигена считать представителями одного вида.

Для любого вида существует проблема внутривидовой дифференцировки. У человека она осложнена возможностью построения внутривидовых классификаций по биологической и социальной компонентам. По социальной компоненте можно выделить нации, народности, племена, хозяйственно-культурные типы, этносы. По биологической — расы, антропологические типы, адаптивные типы. В рамках экологии человека наиболее перспективными выглядят адаптивные типы и этносы, т.к. в обоих случаях прослеживается четкая связь с окружающей средой.

*Адаптивный тип рассматривается как норма биологической реакции групп людей на комплекс условий окружающей среды, обеспечивающая состояние равновесия с этой средой и имеющая внешнее выражение в морфофункциональных особенностях этих групп*¹.

Адаптивные реакции у человека проявляются, как и у других видов, в двух формах — неспецифической и специфической (табл. 9.1). Неспецифичность выражается в общем повышении сопротивляемости организма к неблагоприятным условиям и связана с иммунной системой.

¹ См.: *Алексеева Т.И.* Географическая среда и биология человека. М., 1977.

**Таблица 9.1. Характеристика основных
адаптивных типов человека**

Адаптивный тип	Условия окружающей среды	Специфические ответные реакции организма
Тропический (базовый)	Высокая влажность и температура воздуха, сильное солнечное излучение с повышенной долей ультрафиолета	Увеличение количества потовых желез на см ² кожи, уровня иммуноглобулинов. Понижение основного обмена, мышечной массы, синтеза жиров, концентрации АТФ, содержания холестерина. Темная пигментация кожи, курчавость волос, удлинённая форма тела и головы. Болезни белковой недостаточности
Высокогорный	Пониженное атмосферное давление и температура, недостаток кислорода, нарушение геохимического баланса	Увеличение основного обмена, насыщенности крови О ₂ , длины и массы тела. Задержка ростовых процессов и полового созревания. Увеличение детской смертности
Пустынный	Высокая температура и сухость воздуха, мощное тепловое и ультрафиолетовое излучение, ветер, пыль	Повышение метаболической активности, потоотделения. Замедление пульса, снижение температуры тела, понижение минерализации скелета
Арктический	Низкая температура воздуха, уменьшенное количество солнечного излучения	Повышение содержания гемоглобина, гамма-глобулинов, белков и липидов в крови, способности к окислению жиров, минерализации скелета, плотности тела. Цилиндрическое строение грудной клетки. Отсутствие астеников. Высокая стабильность уровня обмена в условиях переохлаждения
Континентальный	Наибольшая годовая амплитуда температур воздуха (65 °С)	Повышение гамма-глобулинов, гемоглобина, эритроцитов, теплопродукции, содержания жира. Понижение минерализации скелета, костно-мышечной массы. Увеличение процента особой пикнической сложения
Умеренного пояса (контрольный)	Средние значения температуры и влажности воздуха	Достаточно нейтральны к среде. Все характеристики промежуточные между тропическим и арктическим типами

На уровне адаптивных типов во взаимодействии человека и среды есть несколько особенностей, обращающих на себя внимание.

1. Независимо от расовой и этнической принадлежности реакции организма на одни и те же воздействия проявляются в одном и том же направлении.

2. Норма реакции реализуется в пределах границ, присущих определенному этносу, что, видимо, свидетельствует о генетической природе этой нормы.

3. При ослаблении признаков физического развития (понижение массы, обхвата груди и т.п.) наблюдается увеличение содержания в крови гамма-глобулинов, вырабатывающих антитела, повышающие сопротивление организма неблагоприятным воздействиям.

Из сведений, полученных для наземных млекопитающих, под углом зрения которых могут быть рассмотрены особенности адаптивных реакций у человека, можно привлечь представления об активном и пассивном характере адаптации.

Активная адаптация связана с интенсификацией роста, развития, размножения; повышением уровня обмена; четкой локализацией жизненного цикла. Пассивная, напротив, осуществляется при замедлении развития и энергетических процессов. С.С.Шварц показал, что субарктическим видам млекопитающих свойственны активные, энергетически менее выгодные пути адаптации; высокогорным, наоборот, пассивный тип адаптации¹. Для человека, видимо, более приемлемы активные формы адаптации.

Адаптивные типы являются самым крупным и грубым выделением жизненных форм у человека. Дальнейшая разработка этого направления неизбежно приведет к разделению их на более частные и специфические. Так, работами В.П.Казначеева показано, что по краткосрочным адаптационным возможностям можно выделить три конституциональных типа².

1. «Спринтер». Способен осуществлять мощные физиологические реакции с высокой степенью надежности в ответ на действие значительных, но кратковременных факторов

¹ Шварц С.С. Экологические основы эволюции. М., 1980.

² См., напр.: Казначеев В.П. Очерки по экологии человека. М., 1983.

внешней среды. Но высокий уровень надежности поддерживается в течение лишь относительно короткого срока.

2. «Стайер». Менее приспособлен к переносимости мощных кратковременных нагрузок. Однако после относительно кратковременной перестройки организм способен выдерживать продолжительные равномерные воздействия факторов внешней среды в неадекватных условиях.

3. «Микст». Смешанный тип. Реакции зависят от сдвинуто-сти в сторону стайера или спринтера.

Теоретически можно выделить жизненные формы по любому признаку, т.к. каждый из них всегда проявляется в крайних и промежуточных вариантах.

Каждый выделенный выше адаптивный тип занимает большие территории и включает в себя группы людей разной расовой, этнической, национальной, хозяйственно-культурной принадлежности.

Среди внутривидовых единиц, выделяемых по социальной компоненте, наибольший интерес для экологии человека представляет **этнос**. Оригинальную целостную систему представлений об этносе разработал в 60–80-х гг. XX в. Лев Николаевич Гумилев. Как заметил Д.Н.Лихачев, систему взглядов Л.Н.Гумилева нельзя растащить по частям; ее надо либо принимать целиком, либо не принимать совсем.

На мой взгляд, учение об этносах Л.Н.Гумилева есть фундаментальная основа будущей экологии человека, т.к. определены главные направления научного поиска реального проявления взаимосвязей человека и его местообитания. Подробный анализ всех представлений этого учения с позиций экологии требует нового цикла лекций, поэтому ограничусь кратким перечислением наиболее важных положений. Желая самостоятельно освоить взгляды Л.Н.Гумилева советую начать с классического труда «Этногенез и биосфера» (М., 1994).

К наиболее интересным для экологии человека следует отнести следующие положения учения об этносах Л.Н.Гумилева.

1. Определение этноса

Этнос — естественно сложившаяся структура на основе оригинального стереотипа поведения коллективов людей, существующих как энергетическая система, противопоставляющая

себя всем другим таким же коллективам, исходя из ощущения комплементарности.

Стереотип поведения группы людей есть интегральный результат биологических адаптивных реакций, социальных отношений между людьми и особенностей местообитания. Изменение поведенческих реакций на изменения в среде хорошо известно в биологии и экологии различных видов живых организмов. Поэтому как основа внутривидовой дифференцировки эта характеристика вполне приемлема, т.к. позволяет естественно соединять биологическое и социальное в одной структурной единице. *Человек живет этносами*, а не биологическими популяциями.

2. Разработка внутривидовой классификации человека — этнической иерархии

— *Антропосфера* — биомасса всех человеческих организмов.

— *Этносфера* — сочетание этноландшафтных целостностей, всегда динамичных.

— *Суперэтнос* — группа этносов, возникающих одновременно в одном регионе, проявляющая себя в истории как мозаичная целостность.

— *Этнос* — устойчивый, естественно сложившийся коллектив людей, противопоставляющий себя всем прочим аналогичным коллективам и отличающийся своеобразным стереотипом поведения, который закономерно меняется в историческом времени.

— *Субэтнос* — элемент структуры этноса, взаимодействующий с прочими. При упрощении этносистемы в финальной фазе число субэтносов сокращается до одного, который становится реликтом.

— *Конвексия* — группа людей с однохарактерным бытом и семейными связями. Фиксируется не историей, а этнографией.

— *Консорция* — группа людей, объединенных одной исторической судьбой на короткое время; либо распадается, либо переходит в конвексию.

3. Введение в научный оборот новой характеристики этноса — пассионарности

Приведенные определения терминов понятийной области, связанной с новым понятием, отчетливо показывают

Понятийная область термина «пассионарность»

Понятие	Определение
Пассионарность	Избыток биохимической энергии живого вещества, обратный вектору инстинкта и определяющий способность к сверхнапряжению
Пассионарии	Особи, пассионарный импульс поведения которых превышает величину импульса инстинкта самосохранения
Субпассионарии	Особи, пассионарный импульс которых меньше импульса инстинкта самосохранения
Пассионарный импульс	Поведенческий импульс, направленный против инстинкта личного и видового самосохранения
Пассионарный признак	Рецессивный генетический признак, обуславливающий повышенную абсорбцию особью биохимической энергии из внешней среды и выдачу этой энергии в виде работы
Пассионарная индукция	Явление трансформации поведения гармоничных особей и субпассионариев в присутствии пассионариев под влиянием пассионарного поля
Пассионарное напряжение	Количество имеющейся в этнической системе пассионарности, деленное на количество персон, составляющих этническую систему
Пассионарное поле	Поле, обусловленное наличием биохимической энергии — пассионарности
Пассионарный толчок	Микромутация, вызывающая появление пассионарного признака в популяции и приводящая к появлению новых этнических систем
Пусковой момент	Момент пассионарного толчка в абсолютной шкале времени, являющийся нулевой точкой отсчета для диахронической шкалы
Контактная разность потенциалов	Перепад пассионарности (биохимической энергии), возникающий при контакте двух и более суперэтносов

неразрывную связь биологических и социальных процессов у человека.

4. Установление стадий этногенеза

Введение нового понятия — пассионарности как характеристики стереотипа поведения позволяет выявить стадии этногенеза, независимые от уровня развития, культуры, социального устройства и, самое главное, установить срок жизни этноса: 1200 ± 300 лет, что приравнивает этнос к организму как закрытой по времени системе, а не к биологической популяции как открытой по времени системе (см. лекцию 8). Этнос исчезает, генофонд остается, формируя новые этносы или обогащая другие, сохраняя при этом полностью или частично как биологические адаптации, так и накопленный социальный и духовный опыт — культуру.

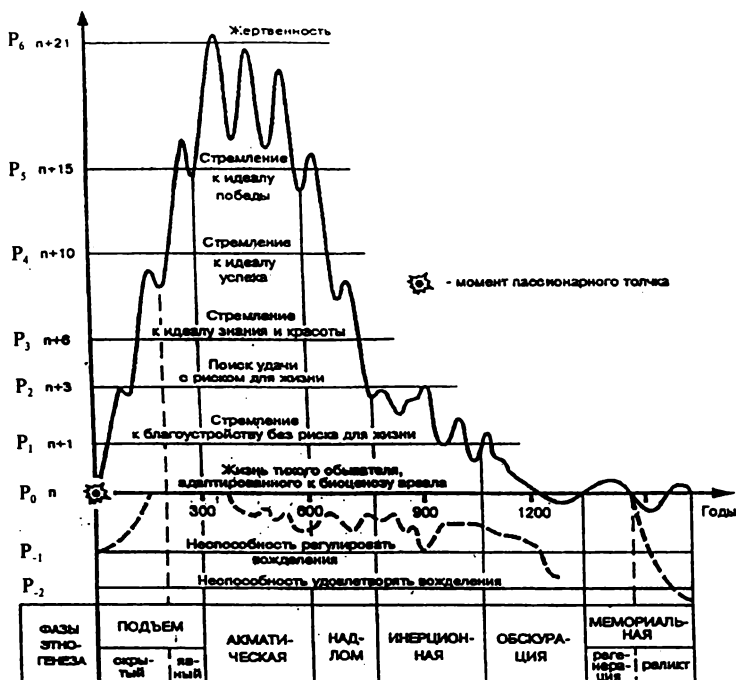


Рис. 9.1. Изменение пассионарного напряжения этнической системы (по Л.Н.Гумилеву)

Этногенез, как и онтогенез, проходит ряд фаз. Составленный Л.Н.Гумилевым обобщенный ход этногенеза представлен на рис. 9.1. Приведу авторские пояснения к этому рисунку.

По оси ординат отложено пассионарное напряжение этнической системы в трех шкалах.

1. В качественных характеристиках от уровня P_{-2} (неспособность удовлетворить вождения) до уровня P_6 (жертвенность). Эти характеристики следует рассматривать как некую усредненную «физиономию» представителя этноса. Одновременно в этносе присутствуют представители всех отмеченных на рисунке типов, но господствует статистический тип, соответствующий данному уровню пассионарного напряжения.

2. В шкале — количество субэтносов (подсистем этноса). Индексы n , $n+1$, $n+3$ и т.д., где n — число субэтносов в этносе, не затронутом толчком и находящемся в гомеостазе.

3. Частота событий этнической истории (непрерывная кривая). Предлагаемая кривая — обобщение 40 индивидуальных кривых этногенеза, построенных для различных этносов, возникших вследствие различных толчков. Пунктирной кривой отмечен качественный ход изменения плотности субпассионариев в этносе. Снизу крупным шрифтом выделены названия фаз этногенеза соответственно отрезкам по шкале времени: подъем, акматическая, надлом, инерционная, обскурация, регенерация, реликт.

Л.Н.Гумилев предложил образные характеристики фаз этногенеза. Они не нуждаются в комментариях (табл.9.2).

**Таблица 9.2. Характеристика фаз этногенеза
(по Л.Н.Гумилеву)**

Фазы	Господствующие императивы	Фазовые переходы
Исходное сочетание этносов и ландшафтов региона	Разнообразны "Надо исправить мир, ибо он плох!"	Пассионарный толчок: пусковой момент этногенеза
Пассионарный подъем: инкубационный (скрытый) период	—	—
Пассионарный подъем: явный период	"Мы хотим быть великими!"	Оформление этнической системы. Переход к акматической фазе
Акматическая фаза	"Будь самим собой!" "Мы устали от великих!"	Переход к фазе надлома
Надлом	"Мы знаем, мы знаем, все будет иначе!" "Дайте же жить, гады!"	Переход к инерционной фазе
Инерция	"Будь таким, как я!" "С нас - хватит!"	Переход к фазе обскурации
Обскурация	"Будь таким, как мы!" "День, да мой!"	Переход к мемориальной фазе: возможна регенерация
Мемориальная фаза	"Помни, как было прекрасно!" "Будь сам собой доволен, тролль!"	Переход к гомеостазу: реликт

Адаптивные типы и этносы формируются под влиянием всего комплекса условий конкретного местообитания. Климатическая ситуация определяет видовой состав растений и животных, геохимическая — химический состав, а воздействие на организм начинает проявляться тогда, когда выросшие в данном месте растения и животные будут съедены, а вода — выпита человеком. Области использования характеристик адаптивных типов и этносов при решении конкретных задач еще предстоит выяснить в специальных исследованиях.

Особенности проявления функции питания человека

При рассмотрении данного вопроса необходимо выделить два процесса: собственно процесс питания и процесс обеспечения пищей.

Процесс заглатывания и переваривания пищи не является предметом экологического рассмотрения. Это область биологии и медицины.

В процессе обеспечения пищей следует различать количественный и качественный аспект. Предельное для человечества количество пищи есть производное от средней продуктивности поверхности Земли. Невысокая естественная продуктивность (см. лекцию 6), социальное неравенство в распределении продуктов питания — залог голодного и полуголодного существования значительной части населения Земли. По оценкам экспертов ЮНЕСКО, как минимум, половина населения планеты в той или иной мере испытывает недостаток в пище. Увеличить количество продовольствия возможно только за счет интенсификации сельскохозяйственного производства, т.к. большая часть Мирового океана является биологической пустыней (см. лекцию 6), а надежды на синтетическую пищу весьма призрачны.

Производство пищи как биосферный процесс является основным в реализации перерабатывающей функции человека.

На ранних стадиях становления человека поиск пищи, как и у всех животных, занимает практически все время. При этом реализуется прямая пищевая цепь: нашел, поймал — съел. Отличительной особенностью человека

является амбивалентность, т.е. способность употреблять в пищу организмы любого трофического уровня. Освоение огня, становление земледелия, скотоводства, выступая как стадии усиления перерабатывающей функции (см. лекцию 5), имеют немаловажное следствие — дают возможность запасать пищу впрок, что приводит к разветвлению пищевой цепи: часть пищи по-прежнему съедается сразу, а часть оставляется на будущее. Фактически это начало становления системы хранения, переработки, распределения пищи. В простейшем варианте эта схема реализуется до сих пор любой семьей, которая занимается сбором дикорастущих ягод, грибов, ловлей рыбы, охотой или разводит животных и выращивает растения на приусадебном участке. В рамках всего вида (общества) процесс производства, переработки, хранения, распределения, потребления пищи лежит в основе всего промышленного и сельскохозяйственного производства, сферы услуг. Поиск полезных ископаемых, их добыча и переработка, вырубка лесов, осушение болот, распашка степей, лугов и т.д. производится человеком только для того, чтобы каждый человек каждый день мог поесть (и не один раз), причем в уютном помещении и не под грохот оружейных залпов, свист пуль, взрывы ракет. Ради этого появилась вся система промышленного и сельскохозяйственного производства, сфера услуг, а для того, чтобы никто не отнял кусок хлеба,— система охраны, армия. Увеличить количество пищи — значит интенсифицировать всю производственную деятельность человека. Именно здесь и возникают экологические проблемы человечества, такие как загрязнение и деградация почв, уменьшение биоразнообразия, разрушение озонового пояса и т.д. Повышение продуктивности на всех звеньях пищевой цепи потребует резкого увеличения количества удобрений, мощности сельскохозяйственной техники, горюче-смазочных материалов и т.д.

Поэтому увеличение количества пищи есть проблема разумного природопользования в самом широком смысле.

Качественный аспект проблемы питания связан с химическим составом потребляемых продуктов. Человек, как растения и животные, не остается безразличным к избытку или недостатку тех или иных химических элементов в окружающей среде (см. лекцию 2). В самом общем виде связь

геохимической ситуации и процессов формообразования, опосредованная через процесс питания, представлена на рис. 9.2¹.

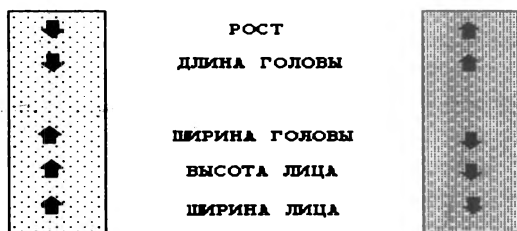


Рис. 9.2. Связь размеров скелета человека с содержанием химических элементов в почвах. Редкая штриховка — пониженное содержание костеобразующих минералов в почвах, частая штриховка — повышенное содержание; стрела вниз — понижение величины признака, стрела вверх — повышение величины признака. (по Т.И. Алексеевой)

Особенности национальной кухни, обычаи и традиции различных групп людей вносят существенные коррективы в корреляционные связи, осуществляемые через функцию питания. Например, на схеме (рис. 9.3), построенной по материалам индийского исследователя, хорошо видны значительные различия морфофизиологических показателей уроженцев окрестностей Калькутты, принадлежащих к генетически близким группам, но живущих на разных диетах (приводится по Т.И.Алексеевой).

Человек, как и животные, считает пищу по белку, а не по общему количеству. Сбалансированность пищи по животному и растительному белку является важнейшим показателем качества пищи. По данным ЮНЕСКО, до двух третей населения Земли питается несбалансированной пищей. Эта проблема охватывает всю систему ведения сельского хозяйства — от подбора видов в севооборотах до условий хранения, транспортировки и приготовления пищевых продуктов.

Таким образом, в рамках экологии человека природопользование выступает как промежуточный процесс, обеспечивающий удовлетворение основной потребности человека в пище.

¹ См.: Алексеева Т.И. Географическая среда и биология человека. М., 1977.

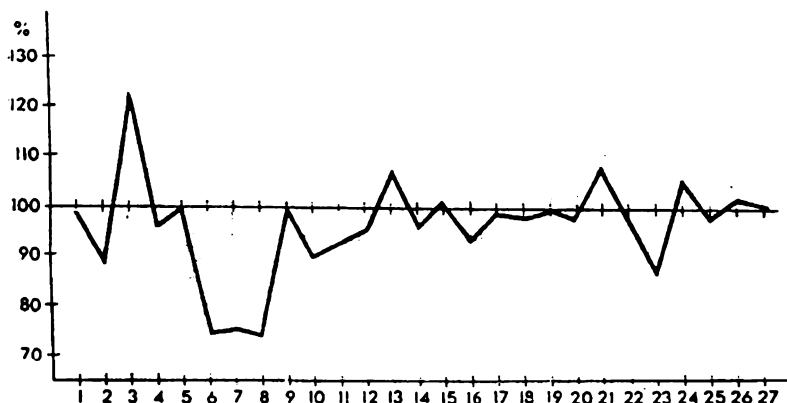


Рис. 9.3. Сопоставление морфологических и физиологических признаков у двух групп индийского населения, находящихся на разных диетах. Величина признака у невегетарианца принята за 100% (по материалам Das, 1966): 1 — рост; 2 — вес тела; 3 — амилазная активность; 4 — кальций; 5 — хлориды; 6 — общий холестерин; 7 — свободный холестерин; 8 — эфир холестерина; 9 — креатинин; 10 — глюкоза; 11 — остаточный азот; 12 — кислая фосфатаза; 13 — щелочная фосфатаза; 14 — общий белок; 15 — pH сыворотки крови; 16 — мочевины; 17 — мочевая кислота; 18 — эритроциты; 19 — лейкоциты; 20 — лимфоциты; 21 — эозинофилы; 22 — гемоглобин; 23 — уровень седиментации; 24 — пульс; 25 — систолическое давление; 26 — диастолическое давление; 27 — температура ротовой полости

Другие потребности человека становятся доминантами только тогда, когда человек сыт. Не случайно в китайском языке иероглиф, выражающий понятие «мир», одновременно означает — накормить всех людей досыта.

Роль **дыхания** в экологии человека, по-видимому, имеет то же значение, что и во всем остальном животном мире. Дыхание является самым чувствительным процессом к изменениям газового состава атмосферы. Человек может достаточно долго переносить голод, легко изменять состав потребляемых продуктов, но он совершенно беспомощен при незначительных изменениях газового состава атмосферы. Массовое осознание экологических проблем началось тогда, когда газовые выбросы заводов, автомобилей, составляющие ничтожную примесь к естественной азотно-кислородной атмосфере, стали приводить к быстрой

смерти людей. Достаточно напомнить знаменитые смоги 30-х годов в европейских странах, трагедию Бхопала в Индии, применение хлора в первой мировой войне и т.д. Поэтому первые природоохранные законодательные акты разных стран в XX в. связывались с обеспечением чистоты атмосферного воздуха.

По функции **размножения** вид *Homo sapiens* следует отнести к *r*-стратегам (см. лекцию 6). В истории человечества, по-видимому, было несколько периодов быстрого увеличения численности. Выделяют две основные демографические революции. Первую связывают с развитием земледелия и датируют около 10 тыс. лет назад, вторую — с промышленной революцией XVI—XVII вв. в Европе. Существуют подсчеты абсолютного количества людей на Земле за исторический период, выполненные на основе различных косвенных сведений.

Для выяснения динамики численности населения используют следующие подходы:

1. Подсчет количества окаменевших и костных остатков. Определение принадлежности их к полу и возрасту человека.
2. Сведения об образе жизни. Наличие в современном человечестве групп людей разных хозяйственно-культурных типов дает возможность примерно оценить численность (плотность) людей на Земле, когда этот тип доминировал. Приведем пример такой связи (табл. 9.3).

**Таблица 9.3. Связь плотности населения
и способа ведения хозяйства**

Хозяйственно-культурный тип	Число людей на км ²
Собиратели	До 0,2
Охотники и рыболовы	До 20
Древние земледельцы	0,5 — 50
Пастушеские и кочевые народы	10 — 100
Земледельцы более поздней стадии	10 — 150

3. Сведения о численности войск, количестве пленных, раненых и погибших.

4. Сведения о смертности во время эпидемий.

5. Данные переписи. В Китае начали проводить перепись населения около четырех тысяч лет назад.

Наиболее часто в литературе приводится следующая динамика численности населения Земли:

25 тыс. лет назад	— 3,3 млн
10 тыс. лет назад	— 5,3 млн
6 тыс. лет назад	— 86,5 млн
2 тыс. лет назад	— 33,0 млн
300 лет назад	— 545,0 млн
200 лет назад	— 2,4 млрд
1975 г.	— 4,0 млрд
2000 г.	— 6,5 млрд

12 октября 1999 г. средства массовой информации сообщили, что на Земле появился 6-миллиардный житель. Им стал мальчик, родившийся в Хорватии.

В биологии увеличение численности любого вида рассматривается как биологический прогресс.

Увеличение численности людей есть функция рождаемости, смертности, продолжительности жизни.

Рождаемость как функция группы (см. лекцию 7) у человека обуславливается не только биологическими свойствами, но и социальным положением людей. Биологическая способность людей к размножению вряд ли изменилась за время его исторического развития, но темпы размножения меняются заметно. Так, к 1970 г. они составляли 2,1% в год, а к 1991 г. упали до 1,7%. Хорошим показателем рождаемости является общая плодовитость — число детей, рождаемых женщиной за весь детородный период. Удобство этого показателя в том, что, исходя из двух предпосылок — продолжительности детородного периода и интервалов между появлениями детей, может быть определена предельная и установлена желаемая плодовитость как целевая функция в регуляции численности людей. Если принять продолжительность детородного периода в 20 лет, а интервал — 2,5 года, то общая плодовитость будет равна 8. Не следует забывать, что это показатель средний для группы, а не для отдельных особей, которые сами определяют, сколько и с каким

интервалом иметь детей. Для современного разнообразия людей определение этого показателя дает следующую картину:

— Народы развитых стран: Северная Америка — 3,7; Европа — 2,7; СССР — 2,9.

— Народы развивающихся стран (Африка, Юго-Восточная Азия) — 5,7.

— Земледельцы-китайцы — 6—8; нигерийцы — 3—4; банту — 6.

— Эскимосы Гренландии — 3—4.

Как видно из приведенных данных, полностью реализуют свои возможности китайские земледельцы, в то время как народы развитых стран не используют даже половины своих возможностей, поэтому в настоящее время каждый четвертый житель Земли — китаец.

Регуляция рождаемости возможна только через недопущение зачатий. Осуществляется это с помощью гормонов, механических атрибутов, социальных запретов (монашество, кастовость, пожизненное вдовство и т.п.).

Смертность имеет значительно больше каналов влияния на численность по сравнению с рождаемостью. К ним следует отнести: стихийные бедствия (голод, землетрясения, цунами, пожары и т.д.), болезни, войны, катастрофы, аборт, детоубийство, принудительная смерть стариков, человеческие жертвоприношения по религиозным, расовым, политическим, идеологическим, материальным и другим соображениям.

Продолжительность жизни как явление, оказывающее влияние на численность населения Земли, мало изучена. Общепринятым считается увеличение продолжительности жизни в XX в. по сравнению с предыдущим временем. Однако причины остаются неизвестными. Оценка продолжительности жизни целиком связана с анализом возрастной смертности (см. лекцию 7).

Возрастная динамика смертности людей состоит из трех периодов: высокой детской смертности и ее уменьшения с возрастом; половозрелости, когда интенсивность смертности растет с возрастом в соответствии с законом Гомперца — Мейкема; старческого периода, когда интенсивность смертности очень высока, но сравнительно медленно растет с возрастом.

Можно сформулировать три основных причины сложности изучения продолжительности жизни: развитие медицины и здравоохранения; различные условия жизни возрастных групп; сильная генетическая и социальная разнородность.

До сих пор остаются открытыми вопросы о половых различиях в продолжительности жизни, о видовом пределе, о связи продолжительности детородного периода с общей продолжительностью жизни.

Проблема продления жизни является прикладным аспектом выяснения причин старения и возрастной смертности. Не обсуждая эту весьма интересную проблему, замечу, что априори можно сказать — увеличение продолжительности жизни еще резче поставит перед человечеством проблемы обеспечения продовольствием, чистым воздухом и водой, регуляции численности людей.

Рассмотрение проблемы связи численности людей и состояния окружающей среды в рамках концепции экосистемы (см. лекцию 2), позволяет выявить все возможные варианты такого взаимодействия. В ответ на изменения в окружающей среде численность людей может увеличиться, уменьшиться или остаться неизменной. Состояние окружающей среды можно оценивать по степени ее организованности, хотя не известно, какие показатели при этом использовать — любой из них все равно будет только увеличиваться, уменьшаться либо оставаться неизменным при изменении численности людей. Возможны всего девять сочетаний состояния среды и изменения численности людей. Все они интересны для интерпретации и поиска аналогичных состояний в человеческой истории. Наибольший интерес представляет вариант увеличения численности людей, сопряженный с соответствующим увеличением организованности среды. Но это уже относится к проблеме выбора стратегии развития человеческого общества и находится в области интересов будущей теории ноосферы.

Суммируя вышеизложенное, сформулируем основные положения, рассмотренные в лекции:

1. Экология человека относится к категории экологий отдельного вида и занимается изучением особенностей проявления у человека функций питания, дыхания, размножения в рамках общей перерабатывающей функции живого вещества.

2. Внутривидовое устройство вида *Homo sapiens* может быть структурировано по биологической и социальной компонентам. Для экологии особый интерес представляют такие внутривидовые структуры, как адаптивные типы и этнос, т.к. обе они самым тесным образом связаны с местообитанием.

3. Наибольший интерес для дальнейшей разработки экологии человека представляет этнос, т.к. эта внутривидовая структура органично соединяет биологическую и социальную компоненту вида.

4. Обеспечение функции питания у человека связано с формированием всей системы природопользования. При этом возникающие экологические проблемы порождают значительное количество различных экологий, отражающих соответствующие частные связи человека со своим окружением.

5. Функция дыхания у человека, как и у других видов, весьма чувствительна к состоянию газовой оболочки Земли и выступает как сигнальная, свидетельствуя об изменениях в ней.

6. Изменение численности людей на Земле может регулироваться, как и у других видов, путем воздействия на рождаемость и смертность. Теоретически возможен вариант увеличения численности людей на Земле при соответствующем увеличении организованности окружающей человека среды.

Лекция 10. НООСФЕРНАЯ ПАРАДИГМА

Чтобы достигнуть совершенства,
надо овладеть наукой единства.

Махабхарата

Появление термина «ноосфера». Определения ноосферы. Представление ноосферы в виде экологической системы. Научная мысль как биотический компонент ноосферы. Применимость базовых характеристик живого вещества к мысли. Место мысли в перерабатывающей функции живого вещества. Применимость для мысли понятия «окружающая среда». Ноосферная парадигма как основа разработки концепции мира будущего.

Термин «ноосфера» появился в конце 20-х гг. XX в. и связан с именами палеонтолога П.Тейяр де Шардена и математика Э.Леруа. Прослушав первый цикл лекций о биосфере, прочитанных В.И.Вернадским в Сорбонне, и размышляя над идеями, сформулированными им, они предложили выделить в отдельную оболочку Земли «мыслительный пласт», назвав его ноосферой. Термин оказался удачным, и В.И.Вернадский часто его использовал. В 1944 г., за год до кончины, он написал небольшую статью под названием «Несколько слов о ноосфере». Эта статья своего рода научное завещание великого натуралиста будущим разработчикам теории ноосферы.

Для построения научной теории необходимо определить те основополагающие первичные положения, на основе которых может быть развернута система знаний относительно изучаемой области явлений. Обычно этот процесс начинается с выявления основных понятий и их определения.

Ноосфера (греч. *noos* — разум и *sphaira* — шар) — сфера разума. Рассмотрим некоторые наиболее распространенные определения.

Ноосфера — особый надбиосферный «мыслительный пласт», окутывающий планету (П.Тейяр де Шарден, Э.Леруа).

Ноосфера — качественно новая форма организованности, возникающая при взаимодействии биосферы и общества.

Ноосфера — новое эволюционное состояние биосферы, направленно преобразуемой в интересах мыслящего человечества.

Ноосфера — высший тип управляющей целостности, для которой характерна тесная взаимосвязь законов природы, мышления и общества.

Ноосфера — новое состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится главным, определяющим фактором ее развития.

Понимание ноосферы авторами термина требует рассмотрения основополагающих понятий на уровне объект-субъектных отношений и вовлечения в обсуждение всего арсенала философских категорий. Остальные определения не выходят за рамки экологических воззрений и могут служить отправной точкой для дальнейшего обсуждения.

Ключевым словом ноосферной парадигмы является термин — **разум**. Носителем наивысшей формы его проявления на Земле — человек. Поэтому ноосферная проблема является логическим продолжением экологии человека, в рамках которой она может быть представлена как одна из форм экосистемных взаимодействий и записана в следующем виде:

Ноосфера = Разум \Leftrightarrow Окружающая среда

Особенность такого представления в том, что биотической компонентой экосистемы является одно из свойств живого, для которого трудно определить измеряемые характеристики. Аналогичная ситуация и с характеристиками окружающей среды.

Трудности начинаются с определения термина «разум». Кантовское определение разума как способности к априорному знанию может служить отправной точкой обсуждения ноосферной парадигмы в рамках представлений П.Тейяр де Шардена и Э.Леруа.

Для деятельностного подхода лучше попробовать использовать определение разума через сознание. Примем следующее определение:

Разум есть состояние сознания, объединяющее такие его проявления, как мысль, воля, чувства.

Разделение проявлений разума позволяет понять, что в качестве исходных представлений ноосферной парадигмы могут быть использованы любые из них. Например, приняв за основу волю как проявление разума и используя

понятийный аппарат этой области знания, можно разработать соответствующую теорию ноосферы. В этом случае два других проявления разума будут выступать как дополнительные. Поэтому все религиозные системы, апеллирующие к чувству, могут рассматриваться как уже имеющиеся варианты концепций ноосферы.

В XX в. доминирующей формой отражения окружающего мира является наука. Нет оснований считать, что ситуация в XXI в. коренным образом изменится, т.к. наука является деятельностным проявлением философии, искусства, религии. В.И.Вернадский считал, что основой теории ноосферы должна быть *научная мысль* человечества, т.к. она становится ведущей в обеспечении перерабатывающей функции человека.

Место научной мысли в структуре перерабатывающей функции человека

Выделение науки как самостоятельной формы отражения окружающего нас мира началось с XVI—XVII в. и связано с опережающим накоплением теоретических представлений над их практическим использованием. К XX в. во всех областях человеческого знания накопилось большое количество теоретических обобщений разного ранга, действительный объем которых трудно оценить.

Формирование «запаса» теоретических знаний (мыслей) человека открывает возможность регулирования их использования. Ситуация аналогична с рассмотренной в предыдущей лекции функцией питания. Нет запаса, все используется «с колес», а если запас есть, то приходится развивать сферу хранения, переработки, распределения, доставки, охраны. В случае с продовольствием это привело к формированию системы природопользования, а с накоплением мысли — к становлению системы информационного обеспечения жизни человеческого общества. Хорошо известно, что развитие информационных сетей и всего, что им сопутствует, есть следствие лавинообразного накопления теоретического знания, а будущее представляется в виде информационного общества.

Регулирование потоков информации есть функция управления процессами переработки окружающей среды, а не осуществления самого процесса. Для ноосферной парадигмы можно сформулировать такое обобщение:

Научная мысль в геохимической (перерабатывающей) функции живого вещества выполняет роль управляющего.

Принято делить труд на физический и умственный и «стирать» грани между ними, что до сих пор никому не удалось сделать. Для ноосферной парадигмы более подходит разделение его на управленческий и исполнительный. В нашей стране за управленцев обычно принимают чиновников. Управленческий труд — принятие решений; аппарат чиновников — промежуточное звено исполнительного труда, и их задача — четкая реализация принятых *не ими* решений.

Метод кнута и пряника — основной принцип управления, известный человечеству с незапамятных времен. В научной мысли он получил название «принцип обратной связи». Отрицательная обратная связь — «кнут», положительная — «пряник». Первая позволяет стабилизировать положение, вторая дает возможность направленного развития. Разделение на этапы, дозировка «кнута» и «пряника» составляют основу процесса управления. Для ноосферной парадигмы необходимо определиться с главными этапами этого процесса. Для продуктивного обсуждения можно выделить четыре уровня: концептуальный, идеологический, политический, экономический.

Концептуальный уровень управления является самым главным, т.к. он задает основные целевые установки на длительный период времени — столетия, тысячелетия. Библейская цивилизация, объединяющая народы, исповедующие иудаизм, христианство, ислам, основана на концептуальных установках Ветхого завета. Кроме нее на Земле были и существуют другие цивилизации, основанные на иных целевых установках, например буддизма. Сравнительный анализ концептуальных установок существующих и прошлых цивилизаций не входит в курс этих лекций. Желющие могут сделать его сами или обратиться к соответствующим источникам.

Кризис в России прежде всего концептуальный. Необходимо достаточно быстро определиться с целевыми установками

новой России. Они могут быть не обязательно библейскими, главное — чтобы они соответствовали *этническому мироощущению* наших народов (см. лекцию 9). В качестве информации для размышления могу отметить, что концептуальные установки нашей цивилизации основаны на *идее подчинения* — всевышнему, правителю, доллару, природе человеку и т.п. Другие концептуальные установки могут быть сформулированы на *идее сотрудничества* — народов; человека и природы, различных религий и т.п. На мой взгляд, эта идейная основа будет достаточно легко воспринята всеми народами нашей страны, т.к. она больше соответствует нашему этническому мироощущению.

На основе концептуальных установок рангом ниже разрабатывается соответствующая идеология внедрения их в мыслительную деятельность всего населения.

Идеологический уровень определяет главные направления и пути реализации концептуальных установок. Система образования и средства массовой информации являются основными работниками этого уровня. Действие идеологических установок всегда рассчитывается на определенный промежуток времени. Изменение ситуации в окружающей среде может приводить к смене направлений и путей реализации, но идеология не может выходить за рамки концептуальных установок. Идеологическое преодоление основных целевых установок означает необходимость смены концептуальных или уничтожение самих идеологов.

Для непосредственного проведения в жизнь идеологических установок должна разрабатываться соответствующая политика.

Политический уровень определяет краткосрочные проявления идеологических направлений. Политические установки могут меняться быстро, но они всегда заложники идеологического и концептуального уровней.

Идеологический и политический уровни управления являются промежуточными и поэтому имеют наибольший размах вариаций своего проявления. Низшим звеном управленческой иерархии выступает экономика.

Экономический уровень является тем звеном в управленческой иерархии, где концептуальные, идеологические, политические установки реализуются в жизни конкретных

народов и отдельных людей. Именно на этом уровне проверяется соответствие концептуальных установок и путей их реализации этническому мироощущению. Чем больше несовпадение, тем больше недовольных. Придание статуса основного данному управленческому уровню есть следствие реализации сформированного тысячелетиями положения — «сначала делаем — потом думаем», а также отсутствия ясных и этнически обоснованных концептуальных установок и путей их реализации.

Экономика всегда заложница вышестоящих уровней управления. Существует всего два крайних варианта *экономического механизма* реализации концептуальных установок — жесткая плановость и рыночный беспредел. В соответствии с экологическим правилом лимитирующего действия факторов крайние проявления воздействия всегда снижают уровень ответной реакции (см. лекцию 3). Оптимальный ответ всегда в соответствующем соотношении крайностей. Поэтому неуправляемой экономики не существует. Рыночная экономика, которую часто выдают в нашей стране за главную концептуальную установку будущей России, всего лишь одно из средств реализации вышестоящих управленческих решений. Какие концептуальные установки — такая и экономика.

Рассмотрение всего спектра частных направлений разработки каждого из выделенных уровней управления является предметом других наук и выходит за пределы концептуального обсуждения ноосферной парадигмы.

Основные характеристики мысли

Каждый раз при выделении уровней представления биоты в экосистеме использовались базовые характеристики живого вещества — масса, химический состав, запас свободной энергии — и отмечалось, что форма их выражения изменялась (см. лекции 5–8). Попробуем применить этот же подход и к мысли, рассматривая ее как форму представления биоты.

Видимо, использовать для характеристики мысли такой показатель, как средний химический состав, не имеет смысла. Что же касается массы и свободной энергии, то это

не столь уж очевидная бессмыслица. Главное препятствие на этом пути — миф о нематериальности мысли. Представление об идеальности мысли сродни таковым об идеальном газе, абсолютно черном теле, гармонически развитом человеке, потенциальной экологической нише и т.п.

Интуитивно человек всегда считал мысль материальной, давая ей такие определения, как слабая и сильная, грязная и чистая, концентрированная, мощная, светлая, глубокая и т.д.

В свое время солнечный луч тоже считался невесомым. С.В.Лебедеву удалось показать давление солнечного излучения и тем самым неопровержимо доказать его материальную основу. Сделать подобное с мыслью пока не удастся.

Несмотря на неясности в вопросе о материальности мысли, разработано множество приемов ее концентрации, стимуляции, хранения, передачи, воспроизводства. В рамках ноосферной парадигмы необходимо выделить два аспекта:

— *Мысль как свойство живого вещества.* Субстратом, в котором наиболее отчетливо проявляется процесс образования мысли, являются ткани головного мозга позвоночных животных. Наибольшего развития этот процесс достигает у человека (возможно, и у дельфинов). Раскрытие механизма возникновения мысли в головном мозге даст в руки человечества управленческий канал прямого влияния на количественный и качественный состав мыслей. Страшно думать о социальных и духовных последствиях такого прорыва в незнаемое, т.к. прогресс научной мысли в XX в. обернулся для человечества резким ухудшением состояния окружающей среды и здоровья самого человека. Нет пока оснований считать, что и этот прорыв принесет благо, а не новые неприятности. Показатели массы, химического состава, запаса свободной энергии в рамках данного аспекта могут быть связаны не столько с самой мыслью, сколько с ее субстратом. В настоящее время считается, что масса головного мозга не коррелирует с гениальностью. Но ведь гениальность можно рассматривать как проявление свободной энергии мысли. Разработка подходов к оценке уровня интеллектуальности, возможно, и есть путь косвенного определения запаса свободной энергии мысли.

— *Информация — как проявление работы мысли.* В данном аспекте мысль отделяется от своего естественного субстрата

и начинает существовать в виде информационных потоков, устроенных на других носителях. В этом аспекте заключены все проблемы формирования информационного общества и в конечном итоге информационного бессмертия каждого организма. Использование показателя массы здесь выступает в форме объема информации, а запас свободной энергии — как ее качественная характеристика: достоверная или недостоверная, неопасная, опасная, смертельно опасная и т.п.

Таким образом, в ноосферной парадигме могут быть использованы те же базовые характеристики, что и при оценке взаимосвязей живого вещества со своим окружением, а именно масса и запас свободной энергии.

Проблема понятия «окружающая среда» в ноосферной парадигме

Требование выделить и определить границы окружающей среды для биотической компоненты экосистемы остается незыблемым и для ноосферной парадигмы. Необходимо понять, что является окружающей средой для мысли и какие могут быть использованы показатели для ее характеристики.

В.И.Вернадский отметил, что только мыслью человек может проникать в безграничные просторы Космоса (см. эпиграф к предыдущей лекции). По-видимому, при такой постановке вопроса границей окружающей мысль среды может быть космологический горизонт — граница Метагалактики, находящаяся на расстоянии, которое прошел свет за время, равное возрасту Вселенной. Если Вселенная возникла 15 млрд лет тому назад, то космологический горизонт находится на расстоянии 15 млрд световых лет. Космологический горизонт окружает нас со всех сторон. Свет из-за горизонта к нам не доходит, он в пути, и нужно время, чтобы он достиг нас. Мы не знаем точного возраста Вселенной, поэтому не знаем и точного расстояния до горизонта. Правда, мы совершенно точно знаем, что горизонт отступает на 300 000 км каждую секунду, т.е. со скоростью света. Дешифровка всех сведений, которые несут нам космические излучения, явно не успевает за таким расширением горизонта. Человечество до сих

пор не извлекло всю информацию, идущую с излучениями Солнца, других звезд, планет, а также отдельных образований на поверхности и внутри Земли. Что говорить о Космосе, когда один человек является загадкой для другого. В то же время можно достаточно определенно сказать, что степень влияния мысли на окружающее пространство определяется объемом, степенью достоверности сведений, заключенных в мысли, расстоянием, на которое она передана и в конечном итоге реализована в виде каких-либо действий, приводящих к изменению или, наоборот, стабилизации состояния объекта воздействия.

Нет никаких запретов на рассмотрение воздействия окружающей среды на изменение самой мысли в рамках представлений об экологических факторах (см. лекцию 2). Стоит только добавить, что и сама ответная мысль будет рассматриваться как воздействие.

Затруднительно однозначно определиться с конкретными характеристиками такой окружающей среды, да и сам термин не очень-то гармонирует с понятием «мысль». В ноосферной парадигме более приемлемо использование понятия «поле» — как определенным образом организованной среды (см. лекцию 5). Замена термина открывает возможности для разработки специфических полевых характеристик, отражающих степень влияния мысли, переработки мыслью природной и формирование социальной и духовных сфер, собственно и представляющих среду ее обитания на Земле.

Ноосферная парадигма как основа концепции развития человеческого общества

Парадигма, по определению Т.Куна,— свод основных положений, правил. Выше была рассмотрена возможность составления такого свода в рамках экосистемного представления объектов реального мира. Нет запретов на дальнейшее развитие и разработку новых вариантов представлений взаимодействия мысли со своим окружением. Достоинство предлагаемого подхода видится в непротиворечивости естественного хода преобразовательской функции всего живого вещества и разума. Противопоставление человека как

носителя разума и природного хода изменений в окружающем мире априори обернется большими неприятностями как для Природы, так и для самого человека, т.к. выдвигает на первый план идею борьбы, а не сотрудничества. В рамках управляющей функции разума это означает усиление роли «кну́та». *Совершенство в единстве, а не в противопоставлении, и идея козволюции Человека и Природы только в этом плане имеет смысл.*

В концепции устойчивого развития, сформулированной в Докладе Международной комиссии по окружающей среде и развитию (1987) и принятой на Конференции ООН в 1992 г. в Рио-де-Жанейро в качестве концептуальной установки мира будущего, предлагается изменить структуру приоритетов. Если раньше на первом месте стояло развитие производства, а уже под него формировалась структура потребления, то новая концептуальная установка диаметрально противоположная. Предлагается всем странам при разработке своих планов развития выдвигать на первое место структуру потребления, а уже под нее формировать структуру производства.

В рамках ноосферной парадигмы такая концептуальная установка соответствует последнему — экономическому — уровню управления. Она не затрагивает вышестоящие уровни, и поэтому не следует ожидать от ее реализации существенных изменений во взаимоотношениях человека с окружающим миром. В то же время сама постановка этой проблемы свидетельствует, что пришла пора тщательной ревизии старых концептуальных установок и формулирования новых. Трудности, стоящие на этом пути, обусловлены объективными и субъективными причинами. Объективные связаны с невозможностью отказаться от переработки окружающей среды, т.к. эти процессы составляют саму суть существования человека, и с особенностями внутривидовой структуры, реализуемой через закрытые по времени этносы. Субъективные — сила привычки, традиции, лень, боязнь нового и т.п.

1 апреля 1996 г. Президент России Б.Н.Ельцин подписал Указ № 440 «Концепция перехода России к устойчивому развитию». 9 апреля 1996 г. указ и концепция опубликованы в «Российской газете». Детальный анализ концепции не

входит в задачу нашего цикла лекций. Автор надеется, что ему еще удастся опубликовать работы, посвященные концептуальным основам природопользования и ноосферной парадигмы, т.к. эти вопросы не являлись основными в предложенном цикле. Но небольшое замечание хочется сделать: концепция перехода России к устойчивому развитию строится на идее постоянства окружающей человека среды. Мир же изменяется достаточно быстро и без участия человека.

В заключение, как проблемы для обсуждения, сформулируем в сжатом виде предлагаемые идеи для формирования ноосферной парадигмы:

1. Ключевым понятием ноосферной парадигмы является «разум». Для разработки теории ноосферы необходимо принять *деятельностное* определение разума. Одним из возможных вариантов является представление разума как проявления сознания в виде мысли, воли, чувств.

2. Научная мысль как возможная основа теории ноосферы требует разработки системы понятий и соответствующих показателей для оценки как самой мысли, так и ее окружающей среды. В рамках научного подхода базовыми характеристиками мысли могут служить обычные для науки — масса и запас свободной энергии. Вместо понятия «окружающая среда» в ноосферной парадигме имеет смысл перейти на понятие «поле проявления мысли» и разработать соответствующую систему его характеристик.

3. Управленческая функция мысли в рамках перерабатывающей функции живого вещества означает, что ноосферная парадигма должна быть сформирована как теория управления, а это потребует разработки, прежде всего, концептуальных установок высшего звена управленческой иерархии. Существующая концепция устойчивого развития человеческого общества построена на концептуальных установках самого низшего звена управленческой иерархии, что делает ее бесперспективной.

4. В ноосферной парадигме придется отказаться от разделения труда на физический и умственный и перейти на другую классификацию, разделив труд на управленческий и исполнительный, что неизбежно повлечет за собой изменение всей оценки труда.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев В.П.* Очерки экологии человека. М., 1993.
- Алексеева Т. И.* Географическая среда и биология человека. М., 1977.
- Арский Ю. М., Данилов-Данильян В.И. и др.* Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать? М., 1997.
- Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К.* Экология особи, популяции, сообщества. М., 1989. Т. 1, 2.
- Вернадский В.И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., 1965.
- Гавришов Л.А., Гаврилова Н.С.* Биология продолжительности жизни. М., 1991.
- Гумилев Л.Н.* Этногенез и биосфера Земли. М., 1994.
- Дрейер О.К., Лось В.А.* Экология и устойчивое развитие. М., 1997.
- Казначеев В.П.* Очерки теории и практики экологии человека. М., 1983.
- Моисеев Н.Н.* Экология и образование. М., 1996.
- Наше общее будущее. Доклад МКОСР. М., 1989.
- Небел Б.* Наука об окружающей среде: Как устроен мир. М., 1986.
- Одум Ю.* Экология. М., 1986. Т. 1, 2.
- Очерки по истории экологии. М., 1970.
- Петров К.М.* Общая экология. Спб., 1997.
- Ревель П., Ревель Ч.* Среда нашего обитания. М., 1994. Кн. 1–4.
- Реймерс Н.Ф.* Надежды на выживание человечества: Концептуальная экология. М., 1992.
- Риклефс Р.* Основы общей экологии. М., 1979.
- Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. М., 1976.
- Тейяр де Шарден П.* Феномен человека. М., 1987.
- Урсул А.Д.* Переход России к устойчивому развитию: (ноосферная стратегия). М., 1998.
- Яблоков А.В.* Популяционная биология. М., 1987.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Адамацкая Т.Д. 154
Алексеева Т.И. 170, 180
Амбарцумян В.А. 96
- Бакеев Н.Н. 154
Беккерель А. 19
Бернар К. 39
Берталанфи Л. 40
Бигон М. 14, 124, 135, 136, 159, 160, 163
Блок А. 7
Богданов А.А. 40, 112
Большаков В.Н. 3, 6, 141
Борисенков Е.П. 21, 22
Бэр К. 86
Будыко М.И. 54
Брундтланд Г.Х. 29
Бюффон Ж. 89
- Вавилов Н.И. 40
Вернадский В.И. 5, 8, 10, 15, 16, 24, 25, 35, 37, 89, 91, 92, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 115, 139, 157, 168, 187, 189, 194
Виноградов А.П. 55, 101
Вудрефф Л.Л. 122,
- Гаузе Г.Ф. 133
Гегамян Г. 109, 111
Геккель Э. 10, 11, 12, 13, 14, 15
Глотов Н.В. 147
Горшков В.Г. 92
Грант В. 153
Григорьев Н.А. 54
Гришина Н.В. 154
Гумбольдт А. 90, 91
- Гумилев Л.Н. 5, 49, 173, 176, 177
Гурвич А.Г. 108
- Дарвин Ч. 10, 103, 106
Джонсон Р. 133
Докучаев В.В. 90, 91
- Зюсс Э. 89, 91, 109
- Ивантер Э.В. 145
Исаков Ю.А. 58
- Казначеев В.П. 172
Карсон Р.Л. 19
Кашкаров Д.Н. 12, 13
Кирхнер О. 11, 116
Клементс Ф. 119, 123
Ковальский В.В. 55
Корбет 119
Куражковский Ю.Н. 53, 54, 67
Кун Т. 195
Кювье Ж. 39
- Ламарк Ж. 89
Лайель Ч. 10
Лаптев И.П. 65
Лебедев С.В. 193
Левин Д. 154
Лейбниц Г. 38
Ленин В.И. 41
Ле Руа Э. 187, 188
Ле-Шателье А.Л. 113
Либих Ю. 68
Линдемман Р.Л. 129
Линней К. 10
Лихачев Д.Н. 173
Лотка А. 149

Львович М.М. 85

Макфедьен Э. 61

Мальтус Т.Р. 86, 119

Мебиус К. 117, 119

Медоуз Д. 41, 95

Менделеев Д.И. 98

Минковский А. 25

Мончадский А.С. 64, 65, 71

Наумов Н.П. 13, 145

Николаевская Е. 116

Никольский Г.В. 146

Ньютон И. 38

Одум Ю. 14, 35, 51, 52, 59, 134

Панфилов А.Г. 58, 101

Пастер Л. 110

Пасецкий В.М. 21, 22

Парк Т. 133

Пианка Э. 133

Пирл Р. 133

Пресман А.С. 92, 93, 94

Пригожин И. 26

Пуанкаре А. 72

Работнов Т.А. 133

Раймонд 153

Райт С. 153

Раменский Л.Г. 132

Раункиер К. 161, 162

Реди Ф. 110

Реймерс Н.Ф. 4, 14, 17, 21, 37,
61

Риклефс Р. 129, 130

Секст Эмпирик 37, 38

Сокольский С.М. 154

Сукачев В.Н. 36, 48, 52

Суетин П. Е. 6

Таусенд К. 124, 136, 159, 163

Тахтаджян А.А. 40

Тейяр де Шарден П. 187, 188

Тимофеев-Ресовский Н.В. 141,
147, 153

Тэнсли А. 15, 35, 36, 48

Уильямсон М. 119

Уиттекер Р. 53

Ушман Г. 11

Фесуненко О.П. 105

Форрестер Дж. 41

Фишер Д. 119

Харпер Дж. 124, 136, 159, 163

Хатчисон Д. 133

Холдридж Л. 53, 54

Чепмен Р.Н. 143

Чижевский А.Л. 73

Шварц С.С. 9, 141, 172

Шелфорд В. 12

Штауфер Р. 10, 11

Шретер К. 11, 116

Эдамс Ч. 11, 12, 36

Эйнштейн А. 25, 107

Элтон Ч. 13, 133

Энгельс Ф. 106

Эшби У.Р. 41

Яблоков А.В. 140, 141, 146, 147,
148, 149, 135, 136, 137, 140, 141

Ястремский Б.С. 74

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автотрофные организмы 80
- Агрессия жизни 87
- Адаптивные типы 170, 171, 172
- Азотфиксаторы 103
- Альбедо 77
- Аменсализм 117
- Антиномии 63
- Ареал 70
- Аридная область 54
- Аутэкология 47, 157, 167

- Баланс солнечной энергии на Земле 74, 78
- Биогенное вещество 95
- Биогеоценоз 45, 48
- Биокосное вещество 95
- Биоморфа 171
- Биосфера
 - границы 89
 - концепции 90, 92
 - определение 95
 - структура 95
 - устойчивость 111
 - эволюция 104
- Биота 45
- Биотический круговорот азота 94
- Биотический потенциал 143
- Биотоп 35
- Биоценоз
 - видовое богатство 118
 - временная структура 120
 - определение 117
 - поле 136
 - пространственная структура 120
- репродукционный потенциал 120
- трофическая структура 126
- устойчивость 135
- характеристика 118
- экологическая эффективность 128, 129

- Взаимодействие
 - гравитационное 72
 - сильное 72
 - слабое 72
 - электромагнитное 73, 74
- Вид
 - космополит 70
 - концепция экологической индивидуальности 132
 - концепция экологической ниши 133
 - реликтовый 70
 - стратегии 132, 134
 - судьба в биоценозе 132
 - эндемичный 70
- Возрастное состояние 147

- Гамета 157
- Газовая функция живого вещества 94
- Гигрофиты 161
- Гликолиз 80
- Гемикриптофиты 162
- Генотип 39
- Групповой эффект 116
- Гетеротрофные организмы 81

- Геохимическая функция живого вещества 100
 Гомойотермные организмы 162
 Гуминовые кислоты 86
 Детритные цепи 127
 Доминантный вид 118
 Динамика численности 151
 — населения Земли 184
 Емкость среды 151
 Живое вещество
 — запас свободной энергии 98
 — концентрационная функция 100
 — масса 96
 — определение 95
 — основная функция 100
 — поле 107
 — средний химический состав 96, 97
 — транспортная функция 104
 Жизненная форма 161, 162
 Жизненные задачи 276 28
 Жизненный цикл 163, 164
 Закон
 — бережливости К.Бэра 86
 — «все или ничего» 70
 — Мальтуса 86, 119
 — минимума Либиха 70, 71
 — периодический географической зональности 54
 Зигота 157
 Зона оптимальности 70
 Зооценоз 45
 Излучение Солнца
 — прямое 77
 — рассеянное 78
 — спектр 75
 Индекс сухости 56
 Картина мира
 — натуралистическая 16, 24, 25
 — физическая 16, 24
 Квартиранство 117
 Климатический оптимум 123
 Комменсализм 117
 Косное вещество 95
 Космическое вещество 95
 Консорция 1117
 Консументы 127, 128
 Корреляции 63, 71, 166
 Коэффициент увлажнения 56
 Кривая выживаемости 150
 Криптофиты 162
 Ксерофиты 161
 Круговороты вещества
 — модель 84
 — определение 83
 — типы 85
 — структура 83, 87
 — углерода 131
 — характеристика 85
 Максимальная поддерживающая емкость среды 82
 Мезофиты 161
 Миграционные потоки 151
 Модель
 — задачи 27
 — природных объектов 27, 28
 Морфогенез 39

- Морфофизиологическая единица — возрастная структура 147, 148
 157, 158 — определение 140
 Мутуализм 117 — плотность 142
 Мутационный процесс 143 — поле 152
 — половая структура 145
 Норма реакции 63, 158, 170 — рождаемость 143
 Ноосфера 5, 187, 188, 195 — смертность 149
 — характеристика 142
 Озон 76 Популяционная экология 139
 Озоновый слой 75 Правило
 Окружающая среда — Гаузе 133
 — духовная 45 — десяти процентов 127
 — природная 45 — лимитирующего действия
 — социальная 45 факторов 68, 69
 Онтогенетическая экология 47 Принцип
 Оптимум — биогеохимические эволюции
 — физиологический 70, 71 биосферы 104, 105
 — экологический 70, 71 — вазомоторный 39
 Организм — временной независимости 41
 — модулярный 159 — корреляции 39
 — определение 157 — Ле-Шателье — Брауна 113
 — унитарный 158 — необходимого разнообразия 41
 — Олли 142
 — Пастера 110
 — Реди 110, 115
 — Тинеманна 119
 — усилителя 41
 Парадигма Продуктивность
 — исследовательская 39 — валовая 80
 — определение 195 — вторичная 81
 — системотехническая 39 — определение 80
 Паразитизм 117 — первичная 81
 Парниковый эффект 75 — средняя 80
 Пассионарность 175 — чистая 80
 Педосфера 86
 Пищевая сеть 126
 Пищевая цепь 126
 Плодовитость 184
 Пойкилотермные организмы 162
 Полиморфизм 96 Радиационный баланс Земли 74
 Популяция Разум 187, 188

- Районирование территории 54, 55
- Редуценты 127
- Репродуктивная активность 154
- Репродуктивная ценность 165
- Репродуктивные траты 165
- Репродуктивное усилие 165

- Симбиоз 117
- Синузия 117
- Синэкология 116
- Система
 - определение 38
 - структура 44
 - периодическая экологических условий суши 56
 - экологическая 43, 44, 45
 - этническая 176
- Скорость оборота биотического цикла 86
- Спора 157
- Среда обитания 61
- Структурная симметрия 97
- Сукцессия
 - автотрофная 121
 - аллогенная 121
 - аутогенная 121
 - вторичная 121
 - гетеротрофная 122
 - определение 120
 - первичная 121
- Теория открытых систем 40
- Тепловой баланс 74
- Терофиты 162
- Термодинамически активные примеси 75
- Техносфера 52, 53
- Толерантность 69
- Трофическая структура Мирового океана 127
- Трофический уровень 1162

- Условия жизни 62
- Устойчивое развитие 29, 30, 31, 32
- Устойчивость организма 166

- Фанерофиты 162
- Фитоценоз 45, 48
- Фотосинтез 75
- Фульвокислоты 86

- Хамефиты 162
- Хищничество 117

- Ценопопуляция 140
- Цикл Кребса 80

- Человек
 - генетическая система наследования 49
 - внутривидовая структура 49
 - социальная система наследования 49
 - экология 168
- Число трофических уровней 130
- Чистая первичная продукция 130
- Чистая радиация 83

- Эвапотранспирация 54, 53
- Экологический кадастр 136, 137
- Экологическая катастрофа 17, 19

Экологический кризис 17, 20, 21, 22	— классификация 63, 64
	— неравноценность 67
Экологически чистое развитие 29, 31	— определение 63
	— правила действия 66
Экологическая система	— элементарный 63, 68
— классификация 51	Экологическая экспертиза 137
— определение 35, 43	Энергетическая субсидия 83
— структура 44	Этнос
Экологический мониторинг 137	— определение 173
Экотон 48	— структура 175
Экологический фактор	Этногенез 175, 176

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Автотрофные организмы (от греч. *autos* — сам, *trophe* — пища, питание) — организмы, первично синтезирующие на Земле органические вещества из неорганических. К ним относятся зеленые растения, фототрофные бактерии, способные к фотосинтезу, а также бактерии, использующие энергию окисления неорганических веществ (хемосинтез).

Адаптация (от лат. *adaptatio* — приспособление, прилаживание) — процесс выработки приспособлений организмов к условиям их существования.

Адаптивная зона — определенный тип местообитаний с характерной совокупностью специфических экологических условий — море, суша, почва и т.п.; совокупность адаптивных возможностей, характеризующих группу организмов.

АТФ — аденилпирофосфорная кислота; нуклеотид, содержащий аденин, рибозу и три остатка фосфорной кислоты; универсальный переносчик и аккумулятор химической энергии в живых клетках.

Аллелопатия (от греч. *allelon* — взаимно и *pathos* — страдание, испытываемое воздействие) — взаимодействие растений посредством выделения биологически активных веществ (фитонцидов, колинов, антибиотиков и т.п.) во внешнюю среду.

Амбивалентность (от лат. *ambo* — оба и *valentia* — сила) — двойственность, противоположность.

Антропоморфизм (от греч. *anthropos* — человек и *morphe* — форма, вид) — наделение тел и явлений живой и неживой природы обликом и свойствами человека — психикой, сознанием и т.п.

Ареал (от лат. *area* — площадь, пространство) — часть земной поверхности, в пределах которой распространен и проходит полный жизненный цикл своего развития вид, род, семейство и т.д. или какой-либо тип сообщества. Выделяют первичные, сплошные, прерывистые, реликтовые ареалы.

Аридная область (от лат. *aridus* — сухой) — области поверхности земного шара с высокой температурой воздуха и малым количеством осадков.

Аутосомы (от греч. *autos* — сам и *soma* — тело) — все хромосомы в клетках раздельнополых животных, растений, грибов за исключением половых хромосом.

Биогенное вещество — создается и перерабатывается живыми организмами (каменный уголь, битумы, известняки, нефть и т.п.).

Биогеохимические провинции — естественные геохимические аномалии, выделяемые по недостатку или избытку отдельных элементов.

Биогеохимические циклы — обмен веществом и энергией между различными компонентами биосферы, обусловленный жизнедеятельностью организмов и носящий циклический характер.

Биокосное вещество — создается одновременно живыми организмами и косными процессами — почва, кора выветривания, основная масса воды и т.п.

Биологический прогресс — изменения организмов, приводящие к процветанию вида.

Биологический регресс — изменения организмов, приводящие к затуханию вида.

Биом (англ. — *biome*) — совокупность различных групп организмов и среды их обитания в определенных природных зонах и поясах — степи, тайге, пустыне и т.д.

Биоморфа (от греч. *bios* — жизнь и *morphe* — форма, вид) — для животных то же, что жизненная форма у растений.

Биота (от греч. *biote* — жизнь) — фауна и флора отдельной области, района; предельное выражение фауны и флоры всей Земли.

Биотип — группа генетически идентичных особей.

Биотический потенциал — скорость увеличения численности особей отдельного вида при отсутствии лимитирующих воздействий.

Биотоп (от греч. *bios* — жизнь и *topos* — место) — участок земной поверхности с однотипными условиями среды, занятый определенным биоценозом.

Биоценоз (от греч. *bios* — жизнь и *koinos* — общий) — совокупность растений, животных и микроорганизмов, населяющих данный участок земной поверхности и характеризующихся определенными отношениями между собой.

Взаимодействие — процесс взаимного влияния тел друг на друга; всякая связь и отношение между материальными объектами и явлениями; отношение, в котором причина и следствие постоянно меняются местами; конечная причина всего существующего.

Воля — форма поведенческой реакции, рассматриваемая как способность к выбору деятельности и внутренним усилиям, необходимым для ее осуществления. Волевое поведение включает принятие решения, часто сопровождающееся борьбой мотивов (акт выбора), и его реализацию.

Всеобщая связь явлений — проявление универсального взаимодействия всех предметов и явлений.

Гамета (от греч. *gamete* — жена, *gametes* — муж) — половая клетка; репродуктивная клетка животных и растений. Обеспечивает передачу наследственной информации от родителей к потомкам. Обладает гаплоидным (одинарным) набором хромосом. Две гаметы, сливаясь при оплодотворении, образуют зиготу с диплоидным (двойным) набором хромосом.

Гемикриптофиты (от греч. *hemi* — полу, *kryptos* — скрытый, *phyton* — растение) — жизненная форма растений, у которой почки возобновления в неблагоприятный для вегетации период года сохраняются на уровне или несколько выше почвы.

Ген (от греч. *genos* — род, происхождение) — функциональная неделимая единица генетического материала; участок молекулы ДНК, кодирующий первичную структуру молекулы белка, транспортной или рибосомальной РНК или взаимодействующая с регуляторным белком.

Генотип (от греч. *genos* — род, происхождение и *typos* — отпечаток) — совокупность генов одной клетки или организма; совокупность генетических факторов, создающих генетическую конституцию особи.

Генотипическая среда — комплекс генов, влияющих на проявление в структурах и функциях организма конкретного гена (или генов).

Генофонд — совокупность генов данной популяции, существующая в данное время.

Геохимическая функция живого вещества — непрерывная, не прекращающаяся ни на мгновение работа по переработке живыми организмами своего окружения. Осуществляется она через питание, дыхание и размножение живых организмов.

Гермафродит (от греч. *Hermaphroditos* — сын Гермеса и Афродиты, мифическое обоеполое существо) — наличие у одной особи одновременно мужских и женских гонад.

Гетерогенность (от греч. *heteros* — иной, другой) — соответствует русскому разнородный.

Гетерозигота — особь, имеющая разные генетические факторы в соответствующих друг другу частях родительских хромосом.

Гетеротрофные организмы (от греч. *heteros* — иной и *trophe* — пища, питание) — организмы, использующие в качестве источника углерода готовые органические вещества.

Гомеостаз (от греч. *homoios* — подобный, одинаковый и *stasis* — неподвижность, состояние) — способность систем противостоять изменениям и сохранять постоянство состава и свойств.

Гонады (от греч. *gone* — порождающее) — органы, образующие половые клетки и половые гормоны.

Гумидный климат (от лат. *humidus* — влажный) — климат областей с избыточным увлажнением, когда осадки превышают испарение и просачивание в почву, а избыток влаги удаляется речной сетью.

Гуминовые кислоты — темноокрашенные вещества, входящие в состав органической массы почв (до 10%), торфа (до 60%), бурых углей (20— 40%). Строение окончательно не установлено. Образуются в условиях слабощелочной реакции почвы, когда среди деструкторов преобладают бактерии.

Дем (от греч. *demos* — народ, население) — относительно изолированная от других внутривидовая группировка организмов (локальная популяция). Для нее характерна более высокая степень панмиксии.

Детрит — мертвое органическое вещество.

Диплоид (от греч. *diploos* — двойной и *eidos* — вид) — организм, клетки которого имеют два гомологичных набора хромосом.

Доминанта (от лат. *dominans* — господство) — преобладающие виды в ценозах, определяющие вектор поведения; структурное состояние гена, определяющее признак в организме.

Живое вещество — совокупность химических элементов, сосредоточенных во всех живых организмах, вместе взятых.

Жизненная форма — внешний облик растений, отражающий их приспособление к условиям среды. У животных — биоморфа, у человека — адаптивный тип.

Жизненный цикл — совокупность всех фаз развития организма. Длительность жизненного цикла определяется числом поколений (генераций) в течение года или числом лет, на протяжении которых осуществляются все фазы развития.

Зигота (от греч. *zygotos* — соединенный вместе) — оплодотворенная яйцеклетка; клетка, образующаяся в результате слияния гамет разного пола.

Зооценоз (от греч. *zoon* — животное и *koinos* — общий) — совокупность животных, совместно обитающих при определенных условиях; часть биоценоза.

Импринтинг (от англ. *imprint* — отпечатывать, запечатлевать) — формирование в раннем периоде развития организма устойчивой индивидуальной избирательности к внешним воздействиям.

Инбридинг (англ. *inbreeding*, от *in* — в, внутри и *breeding* — разведение) — близкородственное скрещивание.

Интерзональная растительность — естественная растительность, не образующая самостоятельной зоны, лишь встречается в пределах одной или нескольких зон. Например, растительность болот, соленых водоемов, отмелей и т.п.

Интерсекс (от лат. *inter* — между и *sexus* — пол) — организм, эмбриональное развитие которого начинается нормально, но с определенного момента продолжается по типу другого пола.

Консорция (от лат. *consortium* — соучастие, сообщество) — структурная единица биоценоза, объединяющая организмы на основе пространственных (топических) и пищевых (трофических) связей.

Корреляция (от лат. *correlatio* — соотношение) — взаимосвязь разных признаков (органов, процессов, явлений) в организме. Выделяют генетические, морфогенетические, функциональные корреляции.

Косное вещество — вещество, образуемое процессами, в которых не участвуют живые организмы.

Козволюция (от лат. *co* — с, вместе и *evolutio* — развертывание) — эволюционные взаимодействия организмов разных видов, не обменивающихся генетической информацией, но тесно связанных биологически.

Либиха закон минимума — «Вещество, находящееся в минимуме, управляет урожаем и определяет величину и устойчивость последнего во времени».

Максимальная поддерживающая емкость среды — количество живого вещества, которое поддерживается, когда уравнивается приход и расход энергии. Оптимальная емкость среды всегда ниже максимальной.

Междоузлие — участок стебля между смежными узлами побега.

Мезофиты (от греч. *mesos* — средний и *phyton* — растение) — растения, обитающие в условиях с достаточным количеством воды в почве. Промежуточная группа между ксерофитами (растениями засушливых зон) и гигрофитами (растениями зон с избытком воды).

Метаморфоз (от греч. *metamorphosis* — превращение) — превращение одного органа в другой со сменой формы и функции.

Морфогенез (от греч. *morphe* — вид, форма и *genesis* — происхождение, возникновение) — возникновение новых форм и структур в ходе индивидуального и исторического развития организмов.

Мутация (от лат. *mutatio* — изменение) — наследуемые изменения генетического материала (естественно или вызванные искусственно) и приводящие к изменению признаков организма.

Норма реакции — возможность развития спектра вариаций признака в определенном диапазоне колебаний внешних условий.

Онтогенез (от греч. *ontos* — сущее и *genesis* — происхождение, возникновение) — вся совокупность преобразований организма от зарождения до смерти.

Панмиксия (от греч. *pan* — все и *mixis* — смешивание) — свободное скрещивание разнополых организмов с разными генотипами.

Панспермия (от греч. *pan* — все и *spermatos* — семя) — представления о возможности переноса жизни в космическом пространстве и заносе ее на Землю.

Партеногенез (от греч. *parthenos* — девственница и *genesis* — происхождение, возникновение) — форма полового размножения; развитие яйцеклетки без оплодотворения.

Пищевая сеть — разветвленная система пищевых цепей.

Пищевая цепь — ряд живых организмов, в котором одни организмы поедают предшественников по цепи и в свою очередь оказываются съеденными теми, кто следует за ними.

Поле — часть пространства, в пределах которого действует что-либо.

Поле существования жизни — для Земли — биосфера.

Полиморфизм (от греч. *polymorphos* — многообразный) — наличие отличающихся по облику особей в пределах одной группы организмов (вида, популяции).

Природное тело или явление — материальный объект или его фрагмент, с фиксированными пространственными и (или) временными границами.

Продуценты (от лат. *producentis* — производящий, создающий) — автотрофные организмы, создающие с помощью фотосинтеза или хемосинтеза органические вещества из неорганических.

Редуценты (от лат. *reducentis* — возвращающий, восстанавливающий) — организмы, питающиеся мертвым органическим веществом и подвергающие его минерализации (деструкции).

Реликты (от лат. *relictum* — остаток) — виды и другие таксоны растений и животных, сохранившиеся от ранее широко распространенных флор и фаун.

Сапрофиты (от греч. *sapros* — гнилой и *trophe* — пища) — гетеротрофные организмы, использующие для питания органические соединения мертвых тел или выделения (экскременты) животных. В растительном мире они называются сапрофитами, в животном — сапрофагами.

Система экологическая (от греч. *systema* — целое, составленное из частей) — модель взаимосвязей живых организмов и окружающей его среды в рамках решения конкретной задачи.

Споры (от греч. *spora* — сеяние, посев, семя) — специализированные клетки (грибы, растения) или многоклеточные образования (споровики), служащие для размножения и расселения.

Суккуленты (от лат. *succulentus* — сочный) — многолетние растения с сочными, мясистыми листьями (алоэ) или стеблями (кактусы).

Сукцессия (от лат. *successio* — преемственность, наследование) — последовательная смена во времени одних биоценозов другими.

Толерантность (от лат. *tolerantia* — терпение) — способность организма переносить отклонения экологических факторов от оптимальных.

Трофическая цепь — то же, что и пищевая цепь — группы организмов, связанные друг с другом отношениями «пища — потребитель».

Трофический уровень — совокупность организмов, объединенных типом питания.

Фактор антропогенный — порожденные деятельностью человека тела, процессы, явления и воздействующие на природу совместно с естественными.

Фактор экологический — выражение корреляции между векторными переменными, выступающими как характеристики биоты и окружающей среды; движущая сила процессов, воздействие. Физические, химические, биологические, социальные и пр. воздействия, рассматриваемые в рамках конкретной экологической системы, всегда выступают как экологические факторы.

Фанерофиты (от греч. *phaneros* — видимый, открытый, явный и *phyton* — растение) — жизненная форма растений, почки возобновления которых находятся высоко над поверхностью почвы.

Фенотип (от греч. *phaino* — являю, обнаруживаю и *typos* — отпечаток, форма, образец) — совокупность всех признаков и свойств организма, формирующихся в процессе взаимодействия его генетической структуры (генотипа) и внешней среды.

Филогенез (от греч. *phylon* — род, племя и *genesis* — возникновение) — историческое развитие мира живых организмов как в целом, так и отдельных таксономических групп — царств, типов, классов, отрядов, семейств, родов, видов.

Фитоценоз (от греч. *phyton* — растение и *koinos* — общий) — совокупность растений на относительно однородном участке земной поверхности (растительное сообщество).

Фотопериодизм (от греч. *photos* — свет и *periodos* — чередование, круговращение) — реакция организмов на суточный ритм освещения, то есть на соотношение светлого и темного периодов суток.

Фульвокислоты — органические кислоты, образующиеся при разложении органического вещества почвы, когда среди деструкторов преобладают грибы, и при сильно кислой реакции почвы. Строение окончательно не установлено.

Хамефиты (от греч. *chamai* — на земле и *phyton* — растение) — жизненная форма растений, почки возобновления которых находятся невысоко (20 — 30 см) над поверхностью почвы.

Хромосомы (от греч. *chroma* — цвет, краска и *soma* — тело) — органоиды клеточного ядра, являющиеся носителями генов и определяющие наследственные свойства клеток и организмов; интенсивно окрашенные ДНК-содержащие структуры в ядре клетки.

Чистая радиация — разность между суммарным потоком излучения от Солнца и от Земли.

Чувства — эмоции, «волнения, движения души» — обозначение разнообразных психических феноменов.

Эвапотранспирация — суммарный расход влаги на испарение растениями (транспирация) и испарения с поверхности почвы (эвапарация).

Эволюция (от лат. *evolutio* — развертывание) — необратимый процесс исторического изменения живого.

Эврибионты (от греч. *eury* — широкий и *biontos* — живу-

ший) — животные или растения, способные существовать при широких изменениях факторов окружающей среды.

Эдафон (от греч. *edaphos* — основание, почва) — совокупность живых организмов в почве.

Эдификаторы (от лат. *aedificator* — строитель) — преобладающие в фитоценозах виды растений с сильно выраженной средообразующей способностью.

Экобиоморфа — термин предложен Е.М.Лавренко (1965) вместо термина «жизненная форма». Предлагается учитывать не только изменения внешней формы в том или ином местообитании, но и физиологические изменения.

Экоклимат — группа необходимых условий для нормальной жизнедеятельности организмов.

Экологическая валентность — степень способности организмов существовать в разнообразных жизненных условиях.

Экологическая ниша — совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе.

Экологическая эффективность биоценоза — относительное количество энергии, передаваемое с одного трофического уровня на другой.

Экологические типы — группы организмов, различные по систематическим признакам, но имеющие сходные приспособления к определенным условиям среды.

Экологическое равновесие — относительная устойчивость видового состава живых организмов в любых природных условиях.

Экотип — совокупность особей любого вида растений, приспособленных к условиям места обитания и обладающих наследственными признаками, обусловленными экологически.

Экотон — переходная зона между сообществами.

Экотоп — местообитание. Термин, близкий биотопу.

Экоцид — преднамеренное уничтожение среды обитания животных и человека.

Эндемики (эндемы) (от греч. *endemos* — местный) — виды, роды, семейства или др. таксоны животных и растений, ограниченные в своем распространении.

Энергетическая субсидия — всякий источник энергии, уменьшающий затраты на самоподдержание экологической системы и увеличивающий ту долю энергии, которая может переходить в продукцию.

Эфемероиды — многолетние травянистые растения, для которых характерна осенне-зимне-весенняя вегетация.

Эфемеры — однолетние травянистые растения, завершающие полный цикл развития за очень короткий период.

СВОД некоторых основных положений, развиваемых в лекциях

1. Экология — наука, изучающая взаимоотношения живых организмов и окружающей среды.

2. Биология и экология не являются синонимами. В биологии основным понятием является биологический вид и идея различия живого и неживого. В экологии основным понятием является экологическая система и идея сходства живого и неживого.

3. Экология в настоящее время не имеет собственного понятийного аппарата. Она использует понятия из любой области знания, трансформируя их для решения своих задач.

4. Экологическая система есть модель взаимосвязей живых организмов (включая человека) и окружающей их среды в рамках решения конкретной задачи. Взаимодействие живых организмов между собой есть частный случай экологических взаимодействий.

5. Рассмотрение природных объектов, процессов, явлений в виде экологических систем является одним из возможных системных представлений, но, в отличие от других вариантов, требует обязательного выделения компоненты (части, элемента), представленной живыми организмами. Нет запретов на уровни (формы, характеристики) представления этой компоненты в экологической системе.

6. Экологический фактор есть выражение корреляции между переменными, выступающими как характеристики живого и окружающей его среды. Какую из этих переменных рассматривать как воздействие определяется условиями решаемой задачи.

7. Недостаток и избыток любого воздействия приводят к снижению уровня ответной реакции (правило лимитирующего действия факторов).

8. Независимо от природы воздействия (физическое, химическое, биологическое, социальное, экономическое и т.д.) в рамках экологической системы оно всегда рассматривается как экологическое и может быть осуществлено тремя основными способами — ступенчато, импульсно, периодически.

9. Увеличение сложности экосистемного представления природных тел, процессов, явлений не может быть бесконечным,

так как наступает момент, когда уравнивается поступление энергии и ее расход на процессы самоподдержания. Количество живого вещества, которое может существовать в таких условиях, определяет максимальную поддерживающую емкость среды.

10. Энергетический баланс земной поверхности рассматривается в экологии в рамках трех потоков — от Солнца, от Земли как нагретого тела и дополнительного, или энергетической субсидии, связанной с трансформацией первых двух как природными процессами на поверхности Земли, так и деятельностью человека.

11. Круговороты вещества на Земле являются «ловушками» для всех трех потоков энергии.

12. Учение о биосфере В.И.Вернадского (биогеохимическая концепция) рассматривается как концептуальная основа экологии.

13. Все разнообразие живых организмов на Земле реализуется в рамках двух крайних его проявлений — в виде живого вещества и отдельного организма. Объединение в группы, выделяемые по разным признакам (биоценозы, виды, популяции, биотипы и т.д.), заполняет все пространство между этими крайностями, формируя основу для различных разделов и аспектов экологии.

14. Представление всего разнообразия живых организмов в виде живого вещества позволило В.И.Вернадскому определить его основные характеристики, основную функцию на Земле и связать эволюцию отдельного вида с эволюцией всего живого вещества.

15. Непосредственно со средой взаимодействует отдельный организм. Способы построения организмов — модулярный и унитарный — являются основой их разной жизнеспособности в постоянно меняющейся внешней среде. Рассмотрение ответных реакций организма на различных уровнях его организованности — молекулярно-генетическом, биохимическом, физиологическом, морфологическом, поведенческом — служит основой формирования своего ряда различных экологий.

16. Экология человека рассматривается как частная экология, т.е. экология отдельного вида. Все взаимоотношения человека с окружающим миром, в конечном итоге, это

экологические взаимоотношения. Других просто нет. Сложность оценки взаимоотношений человека с окружающим миром обусловлена чрезвычайно сильно выраженной у него перерабатывающей функцией, реализуемой с помощью трудовой и мыслительной деятельности, что приводит к формированию социальной и духовной сред, выступающих в свою очередь как регуляторные механизмы самой этой функции.

17. У человека, как и у всех других видов живых организмов, переработка окружающей среды осуществляется через функцию питания, дыхания и размножения. Они составляют триединство, определяющее живой организм. В период индивидуального развития каждая из них имеет свое значение. С момента рождения и до последнего выдоха функция дыхания осуществляется автоматически. Основное ее назначение — регуляция обменных процессов в организме. Функция размножения ответственна за воспроизводство организма и поэтому занимает доминантное положение в детородный период, что в значительной степени определяет в это время поведение человека. Только функция питания требует ежедневного постоянного обслуживания, с момента рождения до последнего выдоха, что приводит к формированию всей системы природопользования.

18. Биологические, социальные и духовные характеристики лежат в основе выделения внутривидовых групп у человека, что затрудняет формирование представлений о внутривидовой структуре данного вида. После работ Л.Н.Гумилева основной внутривидовой единицей у человека может считаться этнос, как органически сочетающий биологическую, социальную и духовную компоненты. Человек живет этносами, а не биологическими популяциями.

19. Сложность окружающей человека среды (природная, социальная, духовная) является основой еще одной группы экологий. Все так называемые неклассические экологии — промышленная, сельскохозяйственная, социальная, города и т.п. — являются частными аспектами экологии человека.

20. Ноосферная парадигма, в рамках экосистемного представления, требует принятия деятельностного определения понятия разума и окружающей его среды. Только в этом случае возможна конструктивная теория ноосферы.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ РЕДАКТОРА	3
ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
Лекция 1. ЭКОЛОГИЯ И РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА	7
Краткая история понятия «экология» и его содержание. Понятие экологической катастрофы и экологического кризиса. Знания, необходимые для решения экологических проблем. Пути решения экологических проблем на глобальном, региональном и местном уровнях	
Лекция 2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА — ОСНОВНОЕ ПОНЯТИЕ ЭКОЛОГИИ.....	35
Понятие природного тела и системы. Основные этапы становления системного подхода. Проблема границ природного тела и системы. Место экологической системы в рамках системного мышления. Структура экологической системы. Подходы к классификации природных объектов как экологических систем.	
Лекция 3. СРЕДА ОБИТАНИЯ, УСЛОВИЯ ЖИЗНИ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР.....	61
Понятие среды обитания, условий жизни, экологического фактора. Подходы к классификации экологических факторов. Экологический фактор как проявление связи между биотой и окружающей средой. Экологический фактор как воздействие. Способы воздействий. Правило лимитирующего действия фактора.	
Лекция 4. ЭНЕРГИЯ И ВЕЩЕСТВО В РАМКАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	72
Энергия как мера взаимодействия природных тел, процессов, явлений. Основные типы взаимодействий. Баланс солнечной энергии на Земле. Судьба	

солнечной энергии в биотической и абиотической компонентах экосистемы. Круговороты вещества — «ловушки» для энергии на Земле.

Лекция 5. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ.....89

Место биосферы в структуре геологических оболочек Земли. Границы биосферы. Концепции биосферы. Биосфера как экосистема. Понятие живого вещества. Основные характеристики живого вещества: масса, средний химический состав, запас свободной энергии. Основная функция живого вещества и ее проявление. Биогеохимические принципы эволюции биосферы. Поле живого вещества. Устойчивость биосферы.

Лекция 6. СИНЭКОЛОГИЯ.....116

Взаимодействие живых организмов с окружающей средой, когда живое представлено биоценозом. Типы объединений живых организмов. Характеристика биоценоза как целостного образования. Структура биоценоза: пространственная, временная, трофическая. Судьба вида в биоценозе: концепция экологической индивидуальности и концепция экологической ниши. Устойчивость биоценоза. Поле биоценоза и его характеристика. Экологические проблемы, решаемые на данном уровне взаимодействия живого со своим окружением.

Лекция 7. ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ.....139

Взаимодействие живого, когда оно представлено внутривидовой единицей — популяцией со своим окружением. Определение популяции. Численность — основная характеристика популяции в ее взаимодействии со средой. Влияние структуры (генетической, половой, возрастной) на ее численность. Пространственная структура популяции как проявление ее поля. Динамика численности популяции. Экологические проблемы, решаемые популяционной экологией.

Лекция 8. АУТЭКОЛОГИЯ.....157

Взаимодействие живого, когда оно представлено отдельным организмом, со своим окружением. Понятие

организма, особи, живого существа. Разнокачественность организмов. Унитарное и модулярное строение организма. Жизненный цикл и его проявление у организмов разного типа строения. Основные характеристики живого вещества и их проявления на уровне организма. Иерархия ответных реакций организма. Поле организма. Устойчивость организма. Экологические проблемы, решаемые на уровне взаимоотношений организма и окружающей его среды.

Лекция 9. ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА.....168

Экология человека как раздел общей экологии. Особенности перерабатывающей функции человека. Особенности внутривидовой структуры человека. Адаптивные типы и этнос как перспективные внутривидовые подразделения для становления экологии человека. Особенности проявления функции питания, дыхания, размножения у человека

Лекция 10. НООСФЕРНАЯ ПАРАДИГМА.....187

Появление термина «ноосфера». Определения ноосферы. Представление ноосферы в виде экологической системы. Научная мысль как биотический компонент ноосферы. Применимость базовых характеристик живого вещества к мысли. Место мысли в перерабатывающей функции живого вещества. Применимость для мысли понятия «окружающая среда». Ноосферная парадигма как основа разработки концепции мира будущего.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....198

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ.....199

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....201

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....206

СВОД некоторых основных положений, развиваемых в лекциях215

Для заметок

Сергей Васильевич Комов

ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ
Десять общедоступных лекций

Редактор *М.А. Овечкина*
Технический редактор *Э.А. Максимова*
Верстка *Л.А. Пестовой, О.П. Васюхиной*

ЛР N 071400 от 14.05.97

Издательство «УралЭкоЦентр»
620075, г. Екатеринбург, ул. Луначарского, 81, к. 110

Подписано в печать 01.08.2001. Формат 84x108/32.
Бумага газетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 11,8.
Тираж 30 000 экз. (1-й завод: 1–2500 экз.).
Заказ № 357.

Отпечатано с готовых диапозитивов
на ГИПП «Уральский рабочий»
620219, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, 13